

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Analýza postupu svěšování hnacího vozidla s dalšími vozidly

Analysis of the Mechanism Connecting the Locomotive to Other Vehicles

Student:

Zuzana Galvasová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Famfulík, Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání bakalářské práce

Student: **Zuzana Galvasová**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 10 Dopravní technika
Téma: **Analýza postupu svěšování hnacího vozidla s dalšími vozidly**
Analysis of the Mechanism Connecting the Locomotive to Other Vehicles

Zásady pro vypracování:

Cíl: Vypracování analýzy možnosti měření vzdálenosti mezi nárazníky vozidel při svěšování hnacího vozidla s dalšími vozidly.

Osnova:

1. Úvod
2. Analýza platné legislativy a rešerše stávajících technických řešení
3. Návrhy možných řešení při měření vzdálenosti mezi vozidly
4. Praktické ověření navržených řešení
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Müller, J.: Mobilní prostředky a trakční zařízení II. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. 2004. ISBN 80-248-0054-3
2. Čáp, J.: Teorie vozidel. Žilina: VŠDS Žilina. 1991. ISBN 80-7100-047-7
3. Normy ČSN EN – interoperabilita železničních vozidel
4. Databáze - Patenty a průmyslové vzory Úřadu průmyslového vlastnictví

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Famfulík, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě23.5.2011.....

.....Galvasova!
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 23.5.2011

Galvasova
.....
podpis studenta

Zuzana Galvasová

Třešňová 5585

Ostrava – Třebovice

722 00

Poděkování

Děkuji firmě Arrow line, a.s. za spolupráci s vypracováním modelů snímání vzdálenosti.

Také děkuji majitelům firmy Ostravské opravny a strojírny, s.r.o. za možnost praktického ověření navržených možností.

Zároveň děkuji Ing. Janu Famfulíkovi, Ph.D. za vedení při zpracování této bakalářské práce.

V Ostravě :23.5.2011.....

.....Galvasová!
Zuzana Galvasová

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Galvasová, Z. *Analýza postupu svěšování hnacího vozidla s dalšími vozidly: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2011, 47 s. Vedoucí práce: Famfulík, J.

Bakalářská práce se zabývá možnostmi měření vzdálenosti při svěšování železničních kolejových vozidel. V úvodu je rozebrána problematika týkající se postupu svěšování. Na základě již stávajících řešení v oblasti silniční dopravy a měřidel sloužících k snímání vzdálenosti jsou zpracovány možné varianty provedení z hlediska umístění měřidla i samotného měření. Potřebné výpočty jsou zpracovány na základě zvolených zjednodušení. Výsledky jsou následně prakticky ověřeny a zaznamenány. Závěrem je stanoven teoretický způsob provedení řešení pro identifikaci vzdálenosti najížděného hnacího vozidla na stojící tažené vozidlo.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Galvasová, Z. *Analysis of the Mechanism Connecting the Locomotive to Other Vehicles: Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of transport, 2011, 47 p. Thesis head: Famfulík, J.

Bachelor thesis deals with the possibilities of distances measuring of connecting between the railway rolling stock. In the introduction the problems regarding the mechanism connecting are analysed. On the basis of already existing solutions in the field of road transport and measuring instruments used for distance detection, are processed in terms of variations of the aspect of location the measuring instrument and the actual measurement. The necessary calculations are made on the basis of specific simplifications. The practical results are consequently verified and recorded. In the end, it is provided a theoretical way to implement solutions to identify of the distance between the driving locomotive and the stationary vehicle.

Obsah bakalářské práce

Seznam zkratek a použitého značení	2
1 ÚVOD	3
2 ANALÝZA PLATNÉ LEGISLATIVY A REŠERŠE STÁVAJÍCÍCH ŘEŠENÍ.....	4
2.1 Svěřování vozidel	4
2.1.1 Tažné a narážecí ústrojí	5
2.1.2 Samočinné spřáhlo	8
2.1.3 Vlastní svěřování	9
2.2 Technická řešení	11
2.2.1 Parkovací asistent (couvací senzory)	12
2.2.2 Měřidla vzdáleností.....	13
3 NÁVRHY MOŽNÝCH ŘEŠENÍ PŘI MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI MEZI VOZIDLY ...	17
3.1 Návrhy umístění měřidla	17
3.1.1 Jednotlivé možnosti umístění měřidla	18
3.1.2 Volba prostorového úhlu snímání a přesné umístění měřidla.....	19
3.2 Návrhy měření vzdálenosti	22
3.2.1 Postup výpočtu pro měření vzdálenosti	22
3.2.2 Alternativy návrhu měření	38
4 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ NAVRŽENÝCH ŘEŠENÍ.....	39
5 ZÁVĚR	44
Seznam obrázků.....	45
Seznam tabulek.....	46
Seznam použité literatury	47

Seznam příloh

Příloha A: Ruční a zvukové speciální návěští

Příloha B: Výsledné hodnoty postupného výpočtu

Seznam zkratk a použitého značení

D1	Drážní předpis
D2	Drážní předpis
HV	hnací vozidlo
OOS, s.r.o.	Ostravské opravny a strojírny, s.r.o.
Sb.	Sbírka zákonů
TSI	Technická specifikace interoperability
TV	tažené vozidlo
ŽKV	železniční kolejové vozidlo

1 ÚVOD

Svěšování železničních kolejových vozidel je nedílnou součástí provozu železniční dopravy. Při svěšování vzniká riziko nesprávného přiblížení hnacího vozidla ke stojícím taženým vozidlům a možnosti vzniku velkých rázů vedoucích k většímu opotřebení nárazecího ústrojí nebo k nehodovým událostem. K zabránění těmto následkům je nutná asistence pověřené odborně způsobilé osoby. Alternativou předcházení vzniklých rizik je možnost snímání vzdálenosti mezi nárazníky hnacího a taženého vozidla.

Tato bakalářská práce se zabývá možným řešením detekce vzdálenosti mezi nárazníky přibližujícího se hnacího vozidla k stojícímu taženému vozidlu. Pozornost je věnována již stávajícímu řešení v silniční dopravě a samotnému výběru měřidla na základě stávajících možností. Je řešena problematika umístění daného měřidla a princip snímání na vytvořených modelech v programech AutoCad a Solid Edge. Výpočtově je stanovena teoreticky snímaná plocha v různých vzdálenostech. Pro ověření návrhů snímání je provedeno porovnání s naměřenými výsledky při praktickém měření. Varianty jsou následně zhodnoceny a je vybrána nejvhodnější možnost detekce vzdálenosti.

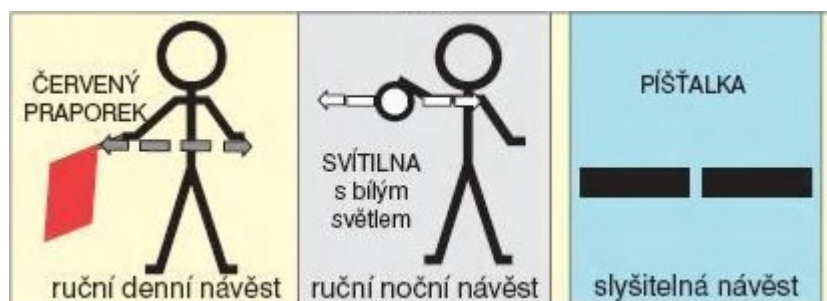
2 ANALÝZA PLATNÉ LEGISLATIVY A REŠERŠE STÁVAJÍCÍCH ŘEŠENÍ

Druhem drážní dopravy je kolejová doprava, která využívá koleje k vedení drážního vozidla po pevné dráze. Drážní vozidlo je společný název pro železniční kolejové vozidlo. Tyto vozidla se sestavují do vlaku. Vlak je sestavená a kromě nezavěšeného postrku svěšená skupina vozidel, tvořená alespoň jedním hnacím a jedním taženým vozidlem, označená stanovenými návěstmi, s doprovodem vlaku a jedoucí podle jízdního řádu nebo podle pokynů odborně způsobilé osoby řídící drážní dopravu. Jednotlivá hnací a tažená vozidla vlaku musí být podle stanovených předpisů řádně a bezpečně spojena. Drážní doprava a pojmy k ní vztažené se řídí Zákonem o drahách č. 266/1994 Sb. v platném znění.

2.1 Svěšování vozidel

Před samotným svěšením HV a TV musí HV najíždět na stojící vozidla sníženou rychlostí za asistence pověřeného odborně způsobilého pracovníka tak, že podle jeho pokynů bezpečně najede na soupravu stojících vozidel na dotek nárazníků. Tyto pokyny se řídí předpisem D1, kde pomocí ručních speciálních návěstí, zvukových návěstidel nebo rádiového spojení dává pověřený pracovník příkazy k zastavení, přiblížení, stlačení, popotáhnutí a dalších. Strojvedoucí zajistí HV vozidlo lokomotivní brzdou. Po těchto úkonech pověřený pracovník vstoupí do vyhrazeného prostoru mezi vozidla a provede svěšení vozidel předepsaným způsobem. Výjimku tvoří vozidla se samočinným spřáhlem.

Příklad ruční a zvukové speciální návěstí používané při posunu a svěšování vozidel je uveden na obrázku č. 2.1. Další jsou zobrazeny a vysvětleny v příloze A.



Obr. č. 2.1: Ruční a zvukové speciální návěstí pro přiblížení Zdroj: [3]

Návěst „Přiblížit“ přikazuje pohyb vozidel směrem k zaměstnanci, který tuto návěst dává. Slyšitelnou návěst smí strojvedoucí uposlechnout, jen když je dávana současně s návěstí viditelnou.

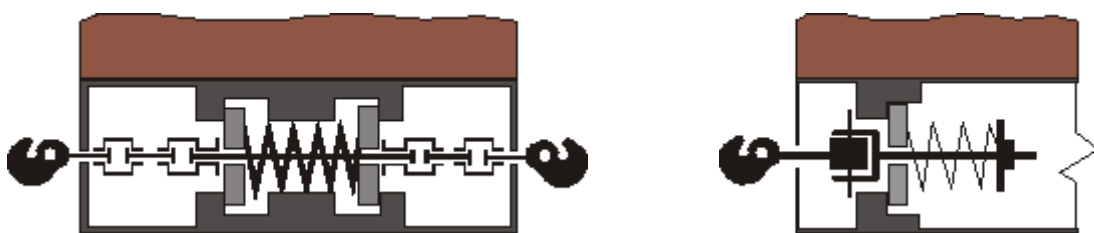
Samotné svěšování vozidel je spojování hnacího vozidla s dalšími vozidly nebo spojení vozidel mezi sebou. K tomu musejí být vozy na obou koncích vybaveny odpruženým narážecím a táhlovým ústrojím.

2.1.1 Tažné a narážecí ústrojí

Na čelníku případně rámu vozidla je uchyceno samostatně tažné a samostatně narážecí ústrojí. Tato ústrojí přenáší tažné a tlačné síly vznikající při provozu a při spojování a zabraňují rázům v soupravě. Existuje i zařízení, které plní funkci jak tažnou tak narážecí. Takové zařízení se nazývá samočinné spřáhlo.

a) Tažné ústrojí

Je zpravidla neprůběžné. To je uloženo pružně do hlavního rámu, kterým se přenáší tažná síla mezi oběma tažnými háky vozidla. Výjimečně je používáno tažné ústrojí průběžné, kde tažné háky na obou koncích vozidla jsou vzájemně spojeny táhlem. Z táhla na vozidlo se síly přenášejí prostřednictvím pružných prvků. Na obrázku č. 2.2 je znázorněno vlevo průběžné a vpravo neprůběžné tažné ústrojí. Hlavní součásti samostatného tažného ústrojí je tažný hák a šroubovka. Jednotlivé části tažného ústrojí jsou zobrazeny na obrázku č. 2.3.



Obr. č. 2.2: Průběžné a neprůběžné tažné ústrojí

Zdroj: [8]

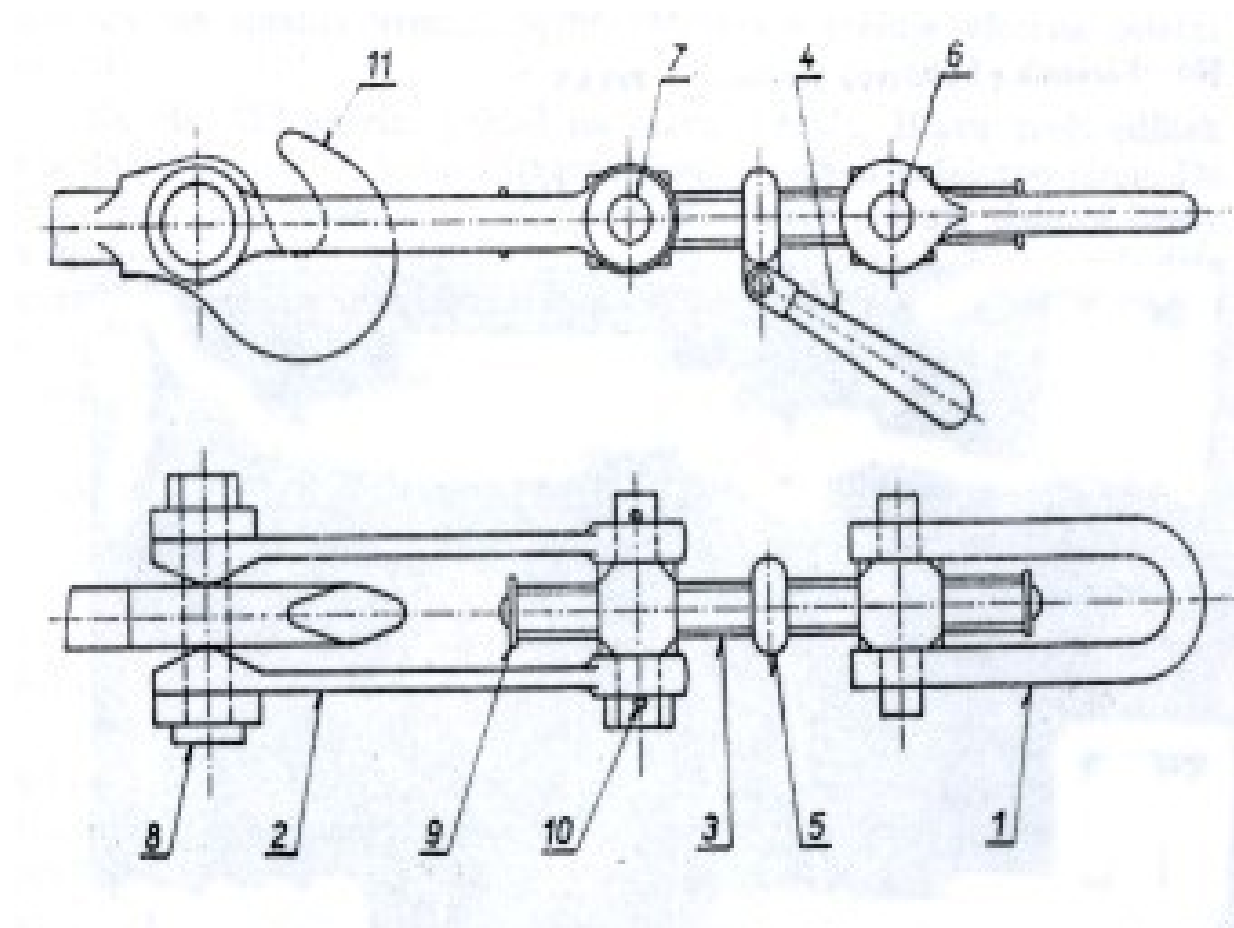
Tažný hák

Jde o výkovek z uhlíkové oceli. V hlavě háku je výřez pro vložení třmene šroubovky spřahovaného vozidla a oko pro čep k připojení šroubovky. Pro dřík háku je v čelníku vozu vytvořeno vedení, které umožňuje výchylky háku do stran při jízdě vozidla obloukem. Dřík je ukončen okem, kterým prochází čep ke spojení s vypružením, které je tvořeno

prstencovou pružinou. Za všech podmínek zatížení vozidla se výška střední osy tažného háku pohybuje v rozmezí od 920 mm do 1 045 mm nad temenem kolejnice.

Šroubovka

Pomocí čepu je zavěšena na tažném háku. Je tvořena závěstnicí, třmenem, vřetenem s levým a pravým závitem, rukojetí a maticemi s levým a pravým závitem. Nejslabší část celého tažného ústrojí tvoří závěstnice, neboť v případě přetržení šroubovky představuje její výměna nejsnazší a nejméně nákladný úkon. Vzhledem k ruční manipulaci je hmotnost šroubovky limitována na 36 kg, tím je omezena velikost přípustné tažné síly, což vede k omezení hmotnosti vlaku. Nesvěšené spráhlo musí být zajištěno do závěsu, kterým jsou vozy na obou koncích opatřeny.



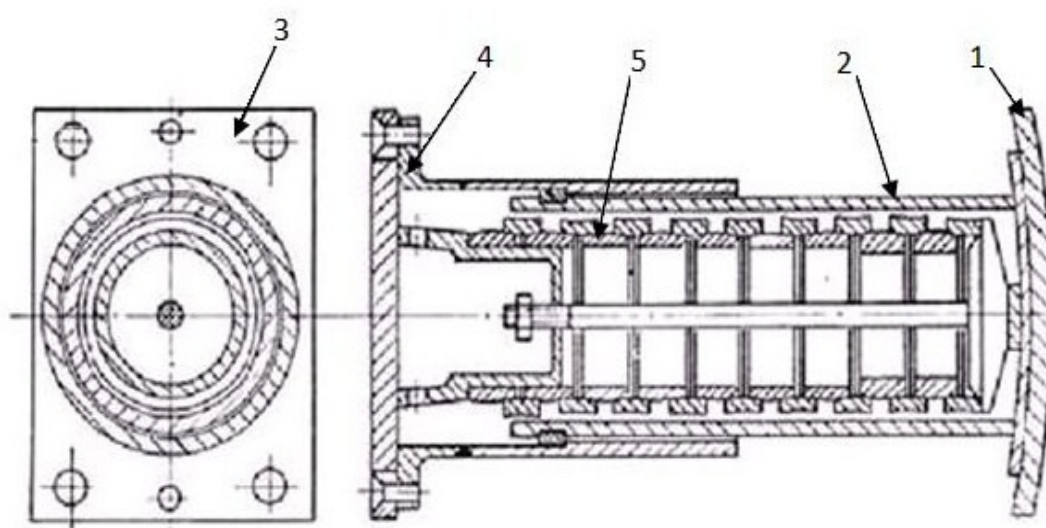
Obr. č. 2.3: Části tažného ústrojí

Zdroj: [9]

- 1 - třmen, 2 - závěsnice, 3 - vřeteno, 4 - rukojeť,
5 - objímka vřetene, 6 - matice třmenu, 7 - matice závěsnic, 8 - svorník,
9 - pojistný kroužek vřetene, 10 - záchytka rukověti, 11 - táhlový hák

b) Narážecí ústrojí

Je tvořeno dvěma shodnými nárazníky na každém čele vozidla. Pohyblivou část nárazníku tvoří talíř nárazníku spojený s vodící trubicí. Talíř nárazníku je obvykle vypouklý. Základní deska je přišroubována k čelníku vozidla a je opatřena trubicí, s níž tvoří koš nárazníku. Uvnitř je uloženo vypružení, které je zpravidla tvořeno prstencovou pružinou. Tato pružina umožňuje pracovní zdvih nárazníku, což je schopnost stlačení nárazníku o určitou hodnotu. Jednotlivé části nárazníku jsou znázorněny na obrázku č. 2.4, kde je nárazník nákladního vozu zobrazen v řezu.



Obr. č. 2.4: Části nárážecího ústrojí

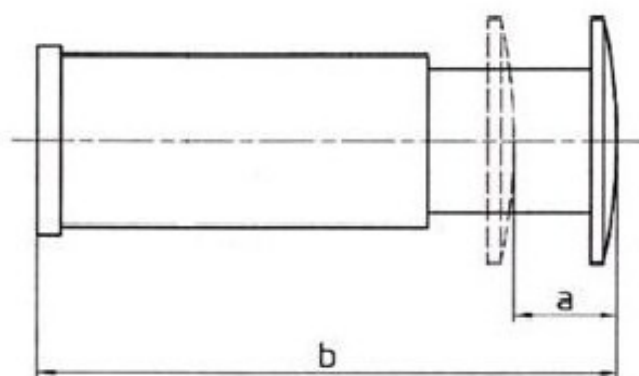
Zdroj: [10]

1 – talíř nárazníku, 2 – vodící trubka, 3 – základní deska,
4 – koš nárazníku, 5 – prstencová pružina

Délky nárazníku hnacích i tažených vozidel jsou sjednoceny na tři rozměry s daným pracovním zdvihem:

- délka 620 mm se zdvihem 105 0/-5 mm,
- délka 650 mm se zdvihem 110 0/-5 mm,
- délka 665 mm se zdvihem 150 0/-5 mm.

Na obrázku č. 2.5 je zobrazeno schéma nárazníku, kde je vyznačena jeho celková délka rozměrem b a pracovní zdvih rozměrem a.



Obr. č. 2.5: Schéma nárazníku Zdroj: [1]

Na osobních vozech se převážně používají nárazníky se zdvihem 110 mm jako ochrana proti nárazům rychlostí vyšší než 10 km/h. Na lokomotivách se používají nárazníky se zdvihem 105 mm a 110 mm a na nákladních vozech jsou používány všechny typy nárazníku. Nárazníky se zdvihem 150 mm se používají jen u vozů určených pro převoz zboží citlivého na náraz.

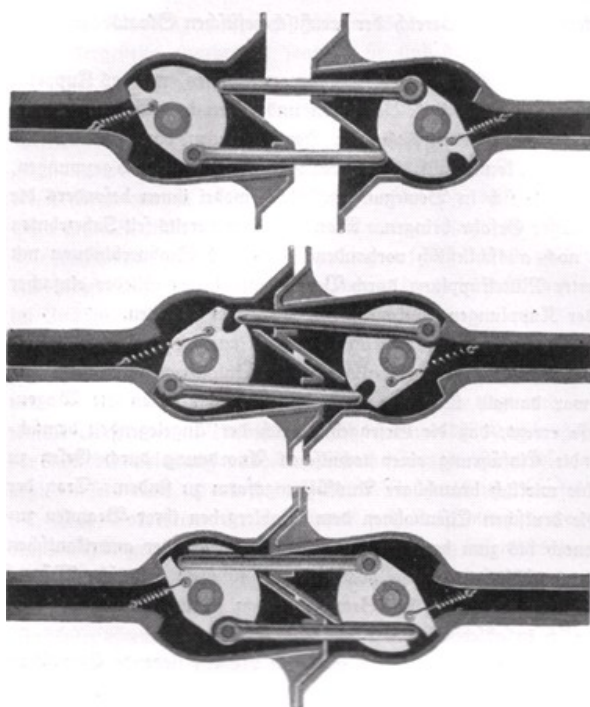
Šířka talíře nárazníku je sjednocena na rozměr 450 mm. Tato hodnota se může v závislosti na délce vozidla (obvykle lokomotivy) zvětšovat. Pak se tento rozměr určuje výpočtem podle TSI. Výška talíře nárazníku je u délky 620 mm a 665 mm sjednocena na rozměr 340 mm. U nárazníku délky 650 mm je tento rozměr max. 360 mm. Jmenovitá standardní rozteč nárazníků musí být 1 750 mm souměrně k ose vozu. Za všech podmínek zatížení vozidla se výška střední osy nárazecího ústrojí pohybuje v rozmezí od 940 mm do 1 065 mm nad temenem kolejnice. Ve vodorovném oblouku a v protioblouku nesmí dojít k zablokování nárazníků, proto minimální povolený překryv činí 50 mm. Maximální rozdíl výšky nárazníků protilehlých vozidel nesmí překročit 80 mm.

2.1.2 Samočinné spřáhlo

Slouží k přenosu tažných i tlačných sil. Vozy s tímto typem spřáhla nemusí být vybaveny nárazníky.

Podstata funkce samočinného spřáhla spočívá vtom, že hlava spřáhla je tvarována tak, aby při kontaktu s hlavou druhého vozidla došlo k jejich vzájemnému navedení, jež umožní zasunutí ozubu spřáhla jednoho vozidla do výřezu hlavy spřáhla druhého vozidla a naopak.

Při zasouvání ozubů do výřezů se stlačí zámky uzávorovacího mechanismu obou spřáhel. Jakmile ozuby dosáhnou konečné polohy ve výřezích, působením pružin zaujmou zámky původní polohu a nedovolí zpětné vysunutí ozubů z výřezů. Má-li být spřáhlo rozpojeno, je nutno uvolnit zámky pomocí ručně ovládaného pákového mechanismu, jehož rukojeť je na boku vozidla. Tento mechanismus je také možné aretovat v poloze, v níž při doteku spřáhel ke spřažení nedojde. Na některých posunovacích lokomotivách se používá mechanizované spřáhlo, kde je spřahování i rozvěšování ovládáno ze stanoviště strojvedoucího. Oproti spřahování vozidel šroubovkou je využití samočinného spřáhla časově nenáročné. Existuje několik druhů samočinného spřáhla např. spřáhlo Scharfenberg, které je zobrazeno na obrázku č. 2.6, Spřáhlo SA-3, spřáhlo Janney a další.



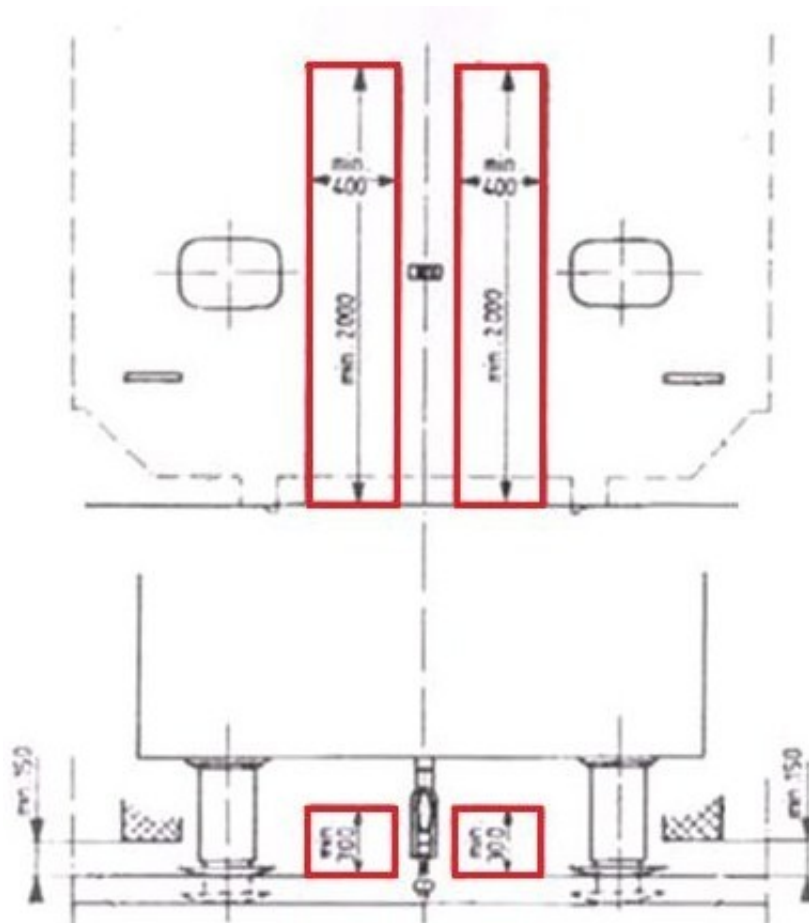
Obr. č. 2.6: Schematické zobrazení spřáhla Scharfenberg Zdroj: [11]

2.1.3 Vlastní svěšování

Bezpečný přístup a výstup u kolejových vozidel

Pro bezpečnost pracovníků a zamezení nadměrnému riziku během svěšování a rozpojování musejí být vozy konstruovány tak, aby byl ve vymezeném prostoru mezi nárazníkem a šroubovkou zachován volný prostor po obou stranách šroubovky. V tomto prostoru se nesmí nacházet žádné pevně nainstalované součásti. Propojovací kabely a pružné hadice se

uvnitř tohoto prostoru nacházet smějí. Pod nárazníky nesmí být žádná zařízení, která by bránila přístupu do tohoto prostoru. Je-li vůz opatřen samočinným spřáhlem, pak hlava samočinného spřáhla může po levé straně zasahovat do tohoto volného prostoru. Tento volný prostor se nazývá Bernský prostor a má podle TSI předepsané minimální rozměry 400x300x2000 mm. Na obrázku č. 2.7 je tento prostor vyznačen červeně.



Obr. č. 2.7: Bernský prostor

Zdroj: [2]

Vlastní svěšování

Podle drážního předpisu D2 smí pověřený pracovník vstoupit do Bernského prostoru a svěsit vozy až při kontaktu talířů nárazníku (mírném stlačení). Nesmí nikdy docházet k volnému svěšování, při němž by mezi nárazníky vznikla mezera. Vozidla zařazená ve vlaku se svěšují pouze jednou šroubovkou. Při svěšování hnacího vozidla s vozem se používá šroubovka vozu. V případě přetržení této šroubovky se použije šroubovka hnacího vozidla. Svěšování se provádí tak, že se třmen zavěsí do výřezu háku sousedního vozidla. Po zavěšení se otáčením vřetene pomocí rukojeti zkrátí délka šroubovky, takže vzdálenost

mezi vozidly se zmenší natolik, aby jejich nárazníky (na přímé trati) na sebe doléhaly. Při zavěšování šroubovky se musí dbát, aby rukojeť byla stejně vzdálená od obou matek. Při svěšování se nespojuje pouze šroubovka, ale i spojky a kabely. Pořadí, ve kterém jsou příslušné části spojeny: „Při svěšování vozidel se nejprve zavěsí šroubovky, potom se postupně spojí brzdové spojky, napájecí potrubí, topné spojky, kabely pro napájení a dálkové ovládání, můstky a zábradlí nebo měchy. Při rozvěšování je opačné pořadí.“ [4]

Nepoužité šroubovky se musí zajistit do závěsek umístěných na rámu vozidla případně do háku vlastního táhla. Pokud není možné z technických příčin takto šroubovku zajistit, zkrátí se na hodnotu alespoň 150 mm nad hlavou kolejnice a nechá se volně viset. Odpojené topné a brzdové spojky se po rozvěšení zavěsí na držadlo. Odpojené kabely dálkového ovládání nebo napájení se musí také předepsaným způsobem zajistit nebo odebrat.

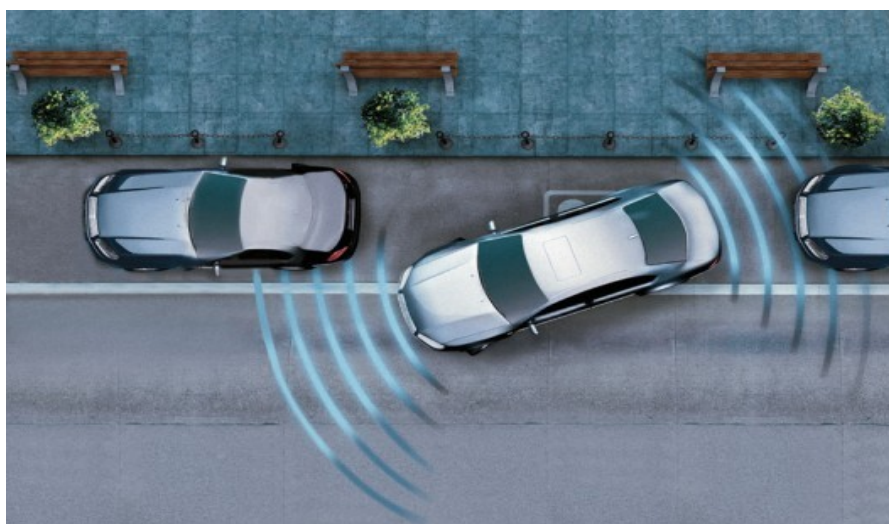
„Hnací vozidla u všech vlaků, u vlaků osobní dopravy i ostatní vozidla, přivěšují a odvěšují strojvedoucí, není-li pro tuto činnost k dispozici jiná odborně způsobilá osoba. Svěšuje-li hnací vozidla mezi sebou strojvedoucí, svěší je strojvedoucí hnacího vozidla, který na stojící hnací vozidlo za účelem svěšení najel.“ [4] Strojvedoucí nejčastěji sami provádějí svěšování na menších úsecích, mezilehlých železničních stanicích nebo obratových stanicích. V případě seřadovacích a úsekových stanic provádí svěšování odborně způsobilá osoba. Nejčastěji se vozy svěšují na přímé trati, výjimečně na úseku trati, kde se nachází oblouk (např. o poloměru R 150 m).

2.2 Technická řešení

Stávající řešení z hlediska měření vzdálenosti mezi nárazníky kolejových vozidel není zpracováno. Podle průzkumu databáze patentů a užitných vzorů z Průmyslového úřadu vlastnictví [6] nebylo ke dni 15.12.2010 publikováno žádné řešení. Podobná problematika se vyskytuje u silničních vozidel, kde se jedná o parkovací asistenta (couvací senzory). Z hlediska samotného měření existuje několik možností měřidel použitelných v dané problematice.

2.2.1 Parkovací asistent (couvací senzory)

Princip spočívá v signalizaci bezpečné vzdálenosti od okolních vozidel nebo jiných zábran pomocí detekčních senzorů. K automatickému spuštění dochází v okamžiku zařazení zpátečky, kdy se aktivují ultrazvukové senzory. Signalizace je zvuková nebo vizuální a při větším přiblížení dochází ke zkracování intervalu oznámení. Některé druhy parkovacích asistentů přímo navádějí k bezpečnému zaparkování, vyhodnocují okolní překážky a místo pro zaparkování a navádí řidiče k potřebným úkonům bezpečného odstavení vozidla. Na obrázku č. 2.8 je znázorněno snímání pomocí parkovacího asistenta. Parkovací asistent s vizuální a zvukovou signalizací je zobrazen na obrázku č. 2.9.



Obr. č. 2.8: Ultrazvukové snímání Zdroj: [12]



Obr. č. 2.9: Parkovací asistent s LED displejem (vlevo) a se zvukovou signalizací (vpravo) Zdroj: [13]

Patent parkovacího asistentu [6]:

Vehicle reversing collision avoidance systém

(Couvání vozidla se systémem pro prevenci střetu)

GB 2463544 A

Vynález se týká couvajícího vozidla, které pomocí odhalovacího zpětného systému zjištění efektivně zabraňuje kolizi.

Cílem je pomoci řidiči při bezpečném parkování. Pro zjištění překážky jsou na zadní části vozidla namontovány ultrazvukové senzory. Při couvání může zařízení generovat různé zvukové signály, které varují řidiče, jak blízko je překážka. Součástí tohoto systému mohou být i kamery namontované na zadní části a monitor instalovaný uvnitř vozidla a připojený ke kameře případně kamerám. Pak může řidič při parkování sledovat obraz na monitoru snímáný kamerou za vozidlem. Ovládací zařízení umožňuje ultrazvukovým sensorům posílat a přijímat ultrazvukové signály, počítat vzdálenost mezi překážkou a vozidlem dle vysílacího času ultrazvukových signálů, monitoruje procesy video signálů pro zobrazení snímků pořízených zadní kamerou. Alarm generuje signál, který potvrzuje blížící se objekt a zkracující se vzdálenost. Tak se může řidič vozidla bezpečně vyhnout kolizím.

Tento způsob zjištění je určen především pro statickou detekci překážky. Při pohybující se překážce nemůže toto zařízení přesně informovat řidiče o vzdálenosti k dané překážce. Při pohybu v blízkosti jiného pohybujícího se vozidla zezadu se relativní rychlost obou vozidel rovná součtu obou pohybujících se vozidel a zařízení pro detekci nemůže reagovat včas.

2.2.2 Měřidla vzdáleností

Obecná měřidla vzdáleností:

- Skládací pravítka, tedy metry - dřevěné nebo plastové provedení s nízkou přesností měření, spojení dílů pomocí kovových kloubů měření od 1 m do 5 m,
- svinovací měřidla – samonavíjecí měřidla z ocelového pásku, který se pružinkou svine do obalu, délky měření od 2 m do 10 m,
- měřicí pásma - navíjecí a odvíjecí měřidla (pomocí kuličkového ložiska), délky měření od 10 m do 100 m,
- ultrazvukové dálkoměry - přístroj pro měření vzdáleností na principu šíření ultrazvukových vln,
- laserové dálkoměry - přístroj pro měření vzdáleností na principu šíření infračervených vln,

- posuvná měřítka - pro malé rozměry, mají namísto ukazatele samostatné indikační zařízení (nonius) nebo číselníkový displej, pro měření vnějších a vnitřních rozměrů včetně hloubky s velkou přesností,
- mikrometry - na velmi přesné měření strojírenských, resp. zámečnických výrobků, měří rozměry v řádu milimetrů (0 až 100 mm). Jsou velmi přesná s chybou měření 4 až 5 μm .

Ke snímání vzdálenosti mezi nárazníky vozidel přicházejí v úvahu dva typy měřidel:

- Laserové dálkoměry
- Ultrazvukové dálkoměry

Společné vlastnosti:

Jedná se o bezdotyková měřidla na principu šíření vln. Oba typy dálkoměrů, využívající odlišné fyzikální principy, představují moderní elektronické měřiče vzdáleností. Nahrazují měřicí pásma, výškové měřicí tyče a další klasické metody a přinášejí do oboru měření vzdáleností nesrovnatelně větší rychlost, efektivnost a také nedosažitelnou přesnost.

Měření jsou realizována ve zlomcích sekundy. Přístroje navíc samy provádějí základní početní operace, jako jsou výpočty ploch a objemů, postupné načítání dílčích vzdáleností apod. Mohou být ovšem vybaveny i mnohem dokonalejšími výpočetními možnostmi a řadou dalších funkcí.

Laserové měřidlo

Princip měření spočívá v pasivním odrazu viditelného laserového paprsku od předmětu měření. Dosah přístroje a doba měření závisí na schopnostech reflexe měřeného místa. Většina měřených vzdáleností je určena téměř okamžitě. Cílová plocha je téměř bodová. Místo, ke kterému měříme, je navíc jednoznačně definováno viditelným červeným bodem laserového paprsku. Paprsek může dopadat na měřenou plochu i pod úhlem (až 85°), může procházet v těsné blízkosti jiných předmětů - postačí přímková viditelnost na cíl. Při nedostatku světla nebo znečištění snímače není možné dosáhnout požadované kvality měření. Laserové čidlo má necitlivost na změnu barvy povrchu snímaného objektu. Ve srovnání s ostatními měřidly vzdálenosti patří k cenově nejdražším. Ukázka snímání pomocí laserového měřidla je na obrázku č. 2.10.



Obr. č. 2.10: Laserové měření Zdroj: [14]

Ultrazvukové měřidlo

Ultrazvukové čidlo vysílá cyklicky vysokofrekvenční impuls, který se šíří prostorem rychlostí zvuku. Pokud narazí na nějaký předmět, odrazí se od něj a vrací se zpět k čidlu jako ozvěna. Z časového intervalu mezi vysláním impulsu a návratem ozvěny odvodí čidlo vzdálenost k předmětu. Vzhledem k tomu, že ultrazvuková čidla měří vzdálenost na principu časové odezvy na vyslaný zvukový impuls při konstantní rychlosti šíření zvuku a ne pomocí měření intenzity, mají vynikající schopnost potlačení pozadí. Téměř všechny materiály, které odrážejí zvuk, lze detekovat bez ohledu na jejich barvu. Lze je použít bez problému na průhledné materiály a tenké fólie.

Tato čidla umožňují měřit vzdálenosti od 30 mm do 10 m s přesností 1 mm. Některá čidla mají rozlišení až 0,18 mm. Měří stejně dobře v čistém ovzduší jako i v barevné mlze a jejich spolehlivě funkci nebrání ani tenké nánosy na membráně čidla. Ultrazvukové čidlo snímá v širším prostorovém úhlu paprsku. Rychlost šíření ultrazvuku je závislá na teplotě prostředí (vzduchu). Na obrázku č. 2.11 je měřidlo uvedeno.



Obr. č. 2.11: Ultrazvukové měření Zdroj:[15]

Vhodnější volbou je měřidlo na principu ultrazvuku s prostorovým úhlem snímání. Zařízení je již ověřeno při používání u silničních vozidel jako parkovací asistent. Možnost zvýšení bezpečnosti může být využití kamery pro případnou vizuální kontrolu.

Patent měřidla [6]:

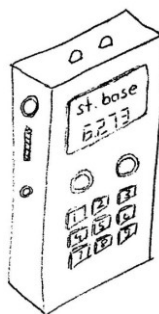
Stereometr

DE 102008051312

Zařízení pro bezkontaktní určení vzdálenosti.

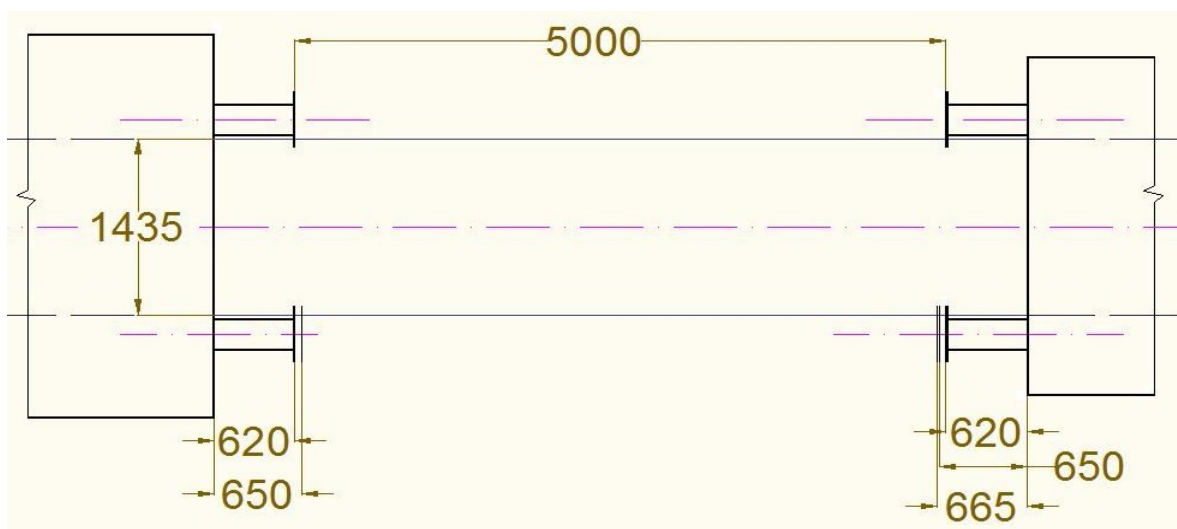
Jednotka má vstupní klávesnici a displej pro výstup stereoskopických příslušných hodnot vzdálenosti. Vložený laserový, infračervený nebo ultrazvukový dálkoměr na základě vstupních hodnot změřené vzdálenosti poskytuje hodnoty tak, že elektronický obvod samostatně vypočítá základ stereo a sbližování hodnot.

Vypočtené hodnoty mohou být přenášeny na kameru nebo bezdrátovým přenosem, např. Bluetooth nebo bezdrátová lokální síť (WLAN).



Obr. č. 2.12: Stereometr Zdroj: [6]

Měření vzdálenosti spočívá v umístění měřidla na hnací vozidlo do místa, ze kterého bude možné na vzdálenost 5 metrů mezi čely nárazníků snímat co největší plochu nárazníku protilehlého vozu. Návrh řešení je proveden pro motorové kapotované lokomotivy. Na obrázku číslo 3.1 je zobrazeno základní schéma dané problematiky.



Obr. č. 3.1: Schéma postavení HV a TV při měření Zdroj: Autor

Obrázek znázorňuje schematický půdorysný pohled lokomotivy (vlevo na obrázku) a taženého vozu (vpravo na obrázku). Obě vozidla mohou mít různé délky nárazníků (problematika zpracována v kapitole 2). Vzdálenost, při které začne měřidlo umístěné na hnacím vozidle detekovat nárazník protilehlého vozidla je zvolena na 5 metrů. Schéma je vytvořeno v programu AutoCad podle technických parametrů.

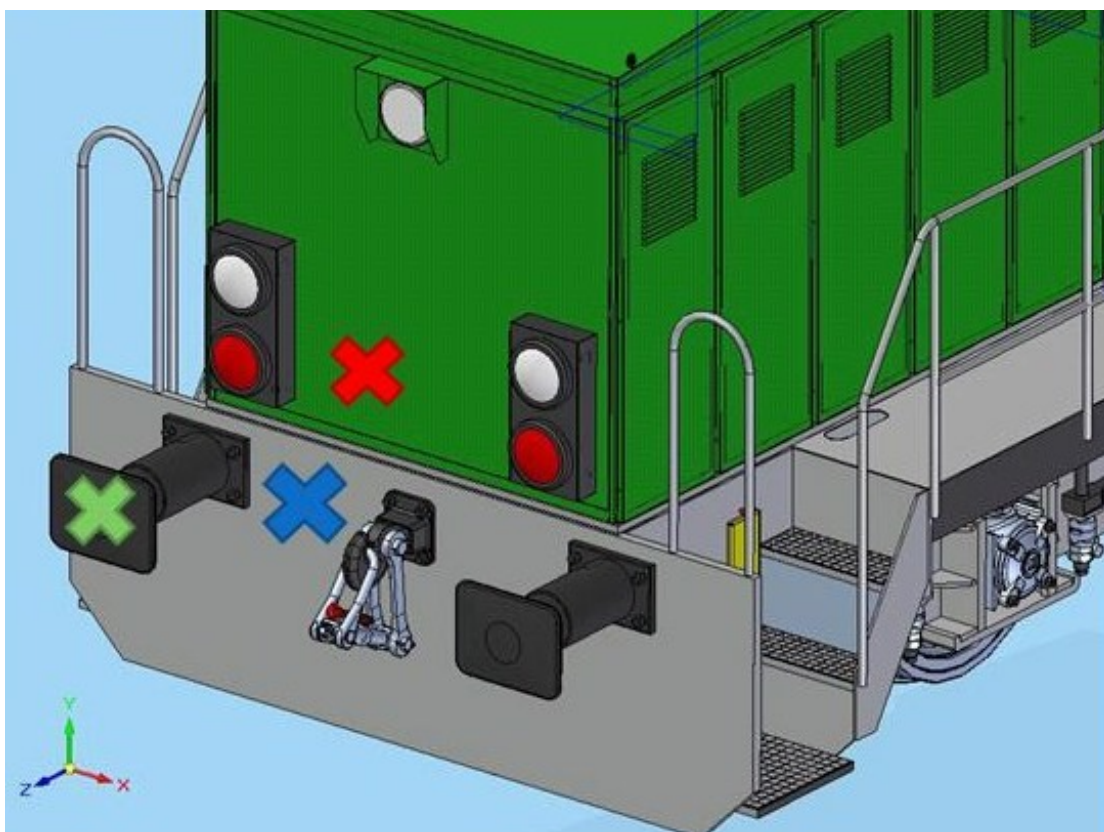
AutoCAD je software pro 2D projektování a konstruování, vyvinutý firmou Autodesk. CAD má široké uplatnění v oblasti strojírenské konstrukce, stavební projekce a architektury, mapování a terénních úprav.

3.1 Návrhy umístění měřidla

Při volbě umístění měřidla je nutné brát ohled na omezení daná normou a předpisy, které byly zpracovány v předešlé kapitole. Zároveň měřidlo musí být zvoleno tak, aby co nejlépe

snímalo plochu protilehlého nárazníku po celou dobu přibližování hnacího vozidla. Dané možnosti jsou zobrazeny na obrázku č. 3.2, kde je zobrazen 3D model motorové lokomotivy řady 710 (T334). Tento a další 3D modely byly vytvořeny ve spolupráci s firmou Arrow line, a.s. v programu Solid Edge.

Solid Edge je 3D CAD software primárně určený pro návrh strojírenských konstrukcí. Jeho funkce však umožňují vytvářet mnohem více. Od designu nábytku až po 3D modelování komplexních ploch.



Obr. č. 3.2: Možnosti umístění měřidla

Zdroj: Autor

3.1.1 Jednotlivé možnosti umístění měřidla

Tyto možnosti jsou zobrazeny na obrázku č. 3.2. Jednotlivé možnosti umístění měřidla lze rozdělit na tři základní oblasti:

- a) Nárazník - na obrázku zobrazeno zeleným křížkem.

Nejlepší výsledky v měření vzdálenosti protilehlého vozu by nastalo v případě umístění měřidla do osy nárazníku. Zde by byl přímo snímán nárazník a jeho celá čelní plocha a okrajově i plocha rámu při malém úhlu rozptylu snímání. Zároveň by byla vysoká přesnost

výsledků měření. Z technického řešení nárazníku a účelu k jakému slouží, však toto řešení nepřichází v úvahu. Došlo by k zeslabení tuhosti nárazníku a velmi rychlému poškození měřidla při plnění funkce nárazníku, který je namáhán nárazy.

Další možností je měřidlo připevnit na jinou část nárazníku a pomocí konzol ho zajistit do potřebné výšky a vzdálenosti k vhodnému snímání. Z technických předpisů však vyplývá, že nárazník má být samostatná součást, ke které nesmí být nic připevněno, proto i tato volba není možná.

b) Nástavba lokomotivy - na obrázku zobrazeno červeným křížkem.

Další možností je umístění měřidla na nástavbu. U kapotovaných lokomotiv ale není vždy zakončení nástavby shodné s umístěním čelníku, proto by bylo náročnější měřit obecně vzdálenost mezi vozy. Měřidlo by snímalo hlavně nástavbu protilehlého vozu a nárazník jen okrajově. Z těchto důvodů není tato volba opět vhodná.

c) Čelník lokomotivy - na obrázku zobrazeno modrým křížkem.

Zde je větší prostor ve výběru umístění, ale musí se brát ohled na brzdové spojky, napájecí potrubí, topné spojky, kabely pro napájení a dálkové ovládání. Tomuto se lze vyhnout umístěním měřidla do vyšší polohy než je střed nárazníku. Při této možnosti nebude nárazník snímán přímo, ale je detekována jeho větší plocha než při umístění na nástavbu. Pro zvětšení této plochy bude snahou umístit měřidlo co možná nejbližší nárazníku lokomotivy. Musí se však brát ohled na velikost úhlu snímání, aby nezabíral přilehlý nárazník. Protilehlý nárazník není snímán po celou dobu přiblížení, je zde omezení, kdy měřidlo od určité vzdálenosti nárazníku již nebude schopno snímat nárazník vozu. I přes toto omezení se zdá být tato možnost nejvhodnější pro snímání vzdálenosti.

3.1.2 Volba prostorového úhlu snímání a přesné umístění měřidla

Podle popsaných možností je nejvhodnější umístit měřidlo na čelník lokomotivy. Pro přesné umístění je nutno nejdříve zvolit prostorový úhel snímání měřidla. Tento úhel je volen na základě parametrických vlastností nárazníku HV a TV, umístění spojek a dalších zařízení na čelníku, přesnosti a způsobu snímání v určitých polohách přiblížení.

Pro zpracování návrhu umístění měřidla a následného detekování vzdálenosti mezi HV a TV byla vybrána motorová lokomotiva řady 710 (T334) a nákladní železniční vůz Eanos.

Jejich potřebné parametrické vlastnosti, pro určení úhlu snímání a umístění měřidla, jsou zobrazeny v tabulce č. 3.1. Tyto vlastnosti vychází z technické dokumentace zvoleného hnacího a taženého vozidla. Při tomto teoretickém stanovení se přihlíží k potřebným zjednodušením:

- nárazníky HV a TV jsou ve stejné výšce,
- nárazníky HV a TV jsou přímo proti sobě bez jakéhokoli příčného posunu,
- šířky talíře nárazníků HV jsou sjednoceny na 450 mm,
- pro výpočet snímané plochy se uvažuje kolmý průmět plochy nárazníku TV (bez ohledu na zaoblení talíře nárazníku),
- snímaná plocha čelníku je zjednodušena na rovinnou přímou plochu.

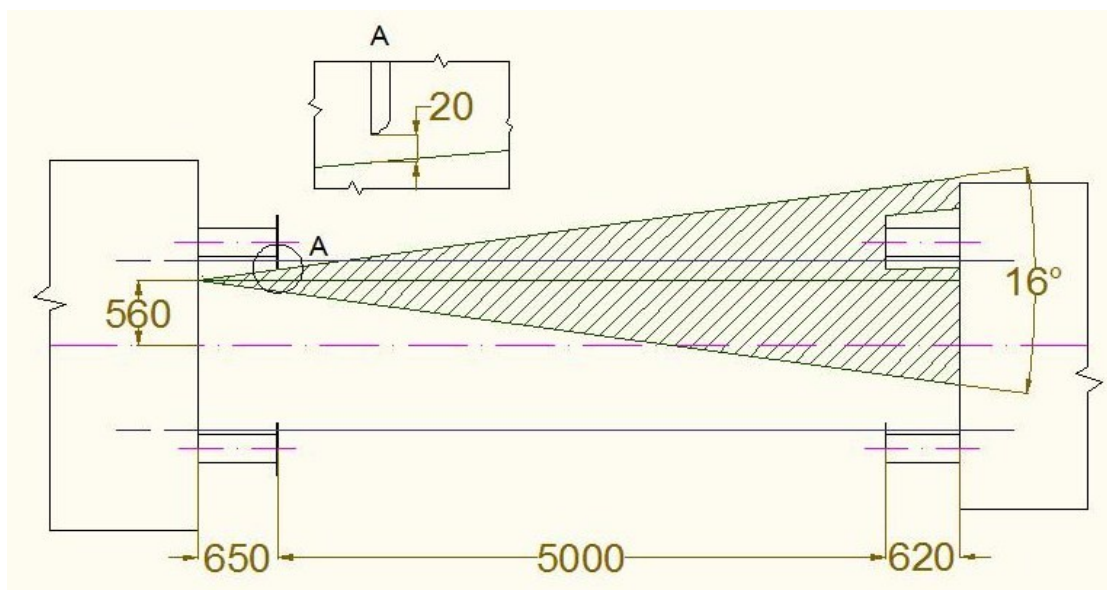
Tab. č. 3.1: Parametrické vlastnosti nárazníků

	HV	TV
délka nárazníku [mm]	650	620
osová vzdálenost nárazníku od středové roviny [mm]	875	875
osová vzdálenost nárazníku od temene kolejnice [mm]	1060	1060
šířka talíře nárazníku [mm]	450	450
výška talíře nárazníku [mm]	350	340

Zdroj: [1,2,4]

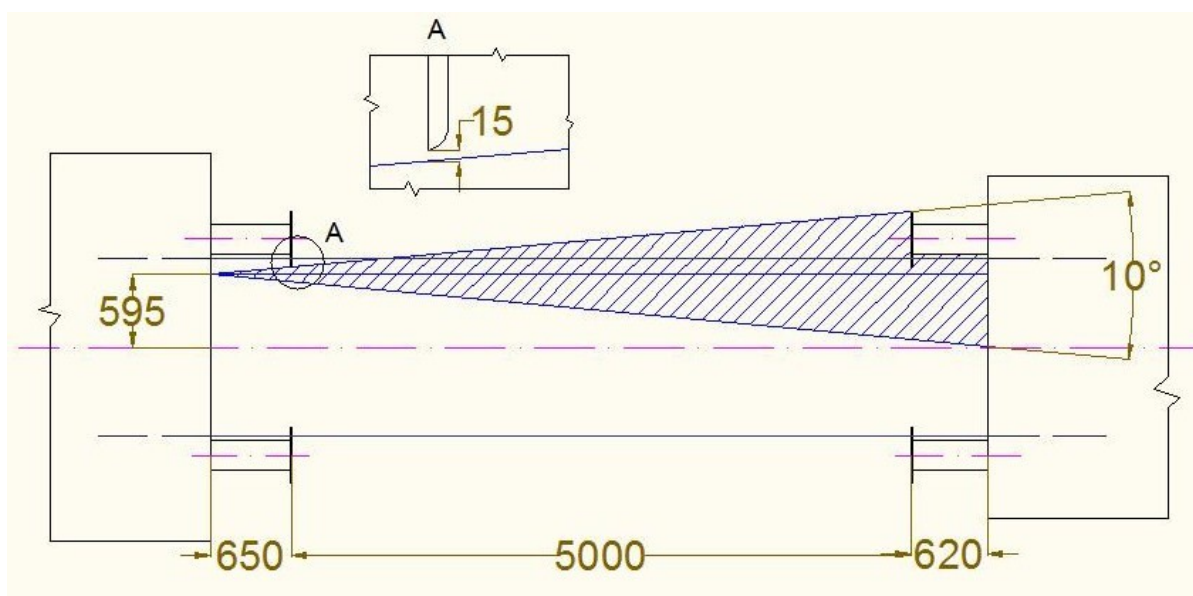
Podle zmíněných vlastností jsou zvoleny dvě možnosti snímání:

- 1) Měřidlo s prostorovým úhlem $\alpha = 16^\circ$, které bude umístěno ve vzdálenosti od středové roviny HV 560 mm a 180 mm nad středem nárazníku (1240 mm nad temenem kolejnice v ideálním případě). Půdorysné schéma umístění měřidla a snímání na 5 metrech vzdálenosti mezi nárazníky je zobrazeno na obrázku č. 3.3.



Obr. č. 3.3: Půdorysné schéma snímání na přímé trati pro úhel 16° Zdroj: Autor

- 2) Měřidlo s prostorovým úhlem $\beta = 10^\circ$, které bude umístěno ve vzdálenosti od středové roviny HV 595 mm a 180 mm nad středem nárazníku (1240 mm nad temenem kolejnice v ideálním případě). Půdorysné schéma umístění měřidla a snímání na 5 metrech vzdálenosti mezi nárazníky je zobrazeno na obrázku č. 3.4.

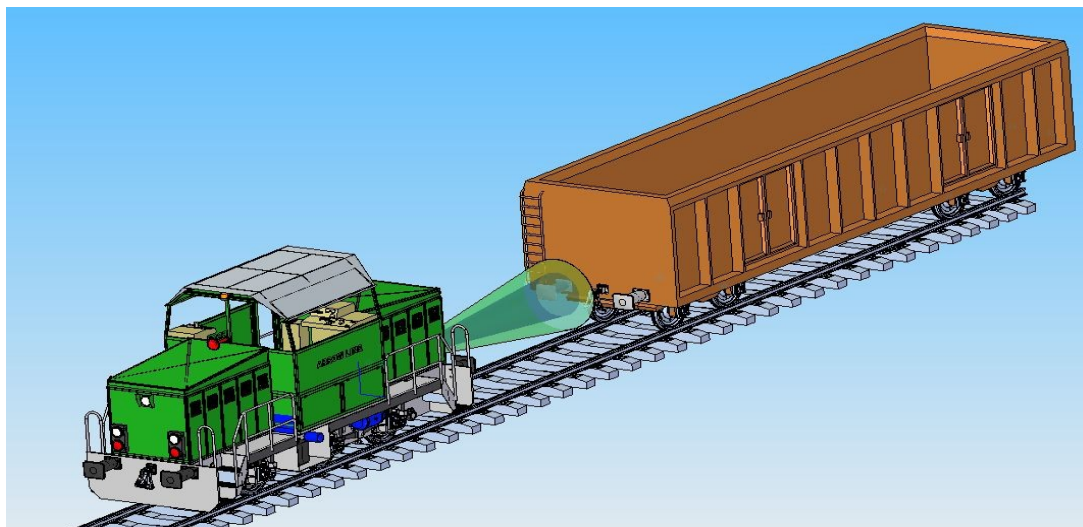


Obr. č. 3.4: Půdorysné schéma snímání na přímé trati pro úhel 10° Zdroj: Autor

Při dalším postupu řešení teoretického snímání jsou zpracovány obě možnosti zvolených měřidel.

3.2 Návrhy měření vzdálenosti

Pro volbu umístění měřidla na čelník lokomotivy se určí **závislost vzdálenosti k protilehlému nárazníku od HV a poměru snímané plochy nárazníku k zbytkové snímané ploše rámu vozu**. Z výsledné závislosti lze stanovit, zda je snímaná plocha dostatečná pro určení vzdálenosti a od jaké vzdálenosti již nárazník nebude snímán. Na obrázku č. 3.5 je zobrazen obecný pohled snímání vzdálenosti.



Obr. č. 3.5: 3D model snímání vzdálenosti

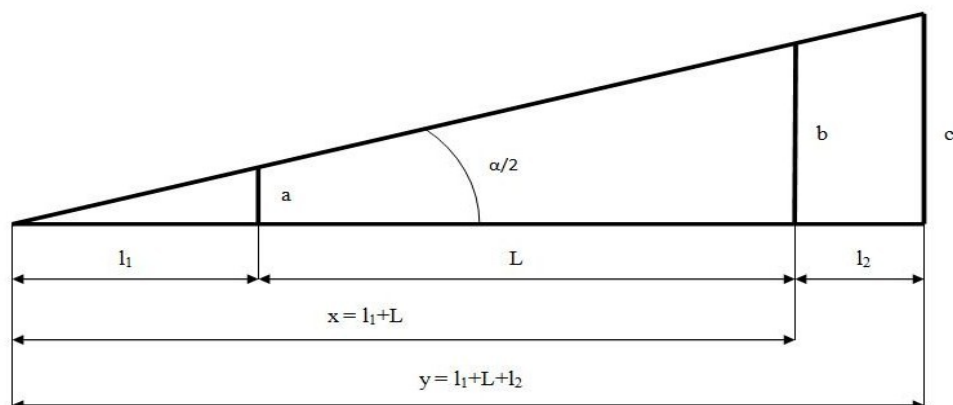
Zdroj: Autor

3.2.1 Postup výpočtu pro měření vzdálenosti

Pro stanovení potřebné závislosti je nutno postupovat podle následujícího výpočtu:

a) Výpočet pro měřidlo s prostorovým úhlem snímání $\alpha = 16^\circ$.

Nejdříve se stanoví plocha, kterou je měřidlo v daných vzdálenostech schopno snímat. Tato plocha vzhledem k prostorovému úhlu bude kruhová. Podle vztahů 3.1, 3.2, 3.3 se určí poloměr kružnice a následně podle vztahů 3.4, 3.5, 3.6 teoretická plocha snímání. Schematické zobrazení výpočtu je na obrázku č. 3.6. Délky nárazníků HV a TV jsou konstantní, mění se pouze vzdálenost mezi nárazníky od 5000 mm s krokem výpočtu 500 mm. Od vzdálenosti 500 mm je interval výpočtu stanoven na 100 mm až do úplného dotyku nárazníku. Vypočtené hodnoty poloměru a plochy snímání jsou uvedeny v tabulce č. 3.2.



Obr. č. 3.6: Schéma poloměru snímání Zdroj: Autor

$$a = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot l_1 \text{ [mm]} \quad (3.1)$$

$$b = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot x \text{ [mm]} \quad (3.2)$$

$$c = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot y \text{ [mm]} \quad (3.3)$$

kde:

a poloměr snímání ve vzdálenosti l_1 [mm]

b poloměr snímání ve vzdálenosti x [mm]

c poloměr snímání ve vzdálenosti y [mm]

α úhel prostorového snímání [°]

l_1 délka nárazníku HV [mm]

x součet délky nárazníku HV a vzdálenosti mezi nárazníky, $x = l_1 + L$ [mm]

y součet délky nárazníku HV, vzdálenosti mezi nárazníky a délky nárazníku TV, $y = l_1 + L + l_2$ [mm]

$$A = \pi \cdot a^2 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (3.4)$$

$$B = \pi \cdot b^2 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (3.5)$$

$$C = \pi \cdot c^2 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (3.6)$$

kde:

A teoretická plocha snímání ve vzdálenosti l_1 [mm²]

B teoretická plocha snímání ve vzdálenosti x [mm²]

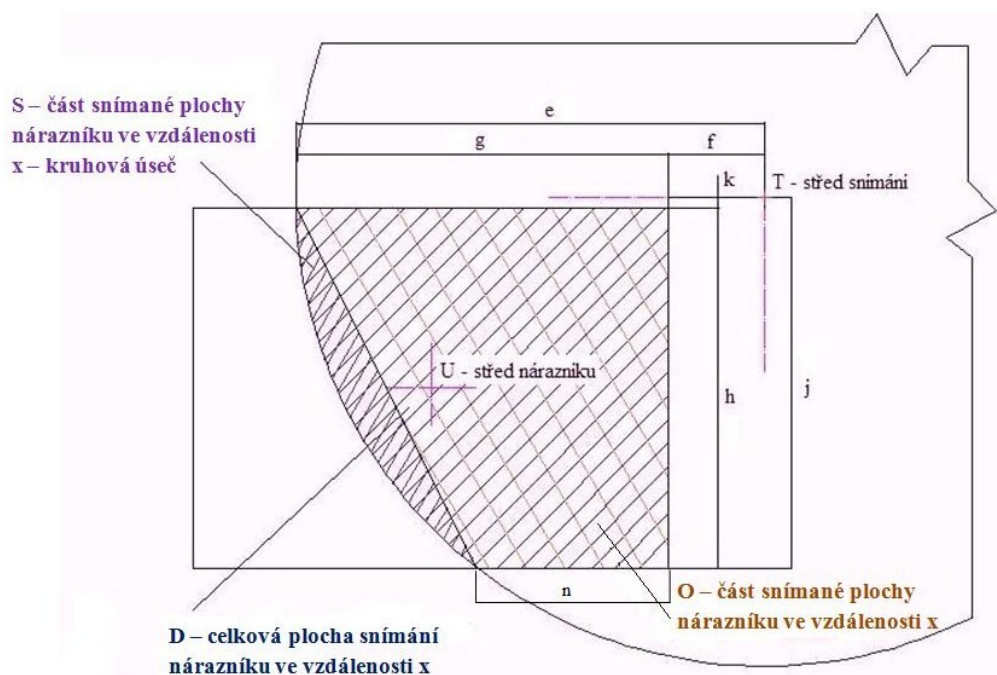
C teoretická plocha snímání ve vzdálenosti y [mm²]

Tab. č. 3.2: Poloměry a teoretické plochy snímání pro měřidlo s úhlem 16°

l_1 [mm]	L [mm]	l_2 [mm]	x [mm]	y [mm]	a [mm]	b [mm]	c [mm]	A [mm ²]	B [mm ²]	C [mm ²]
650	5000	620	5650	6270	91	794	881	26217	1980851	2439439
650	4500	620	5150	5770	91	724	811	26217	1645771	2065887
650	4000	620	4650	5270	91	654	741	26217	1341717	1723361
650	3500	620	4150	4770	91	583	670	26217	1068688	1411860
650	3000	620	3650	4270	91	513	600	26217	826686	1131386
650	2500	620	3150	3770	91	443	530	26217	615710	881937
650	2000	620	2650	3270	91	372	460	26217	435759	663515
650	1500	620	2150	2770	91	302	389	26217	286835	476118
650	1000	620	1650	2270	91	232	319	26217	168936	319747
650	500	620	1150	1770	91	162	249	26217	82064	194402
650	400	620	1050	1670	91	148	235	26217	68412	173056
650	300	620	950	1570	91	134	221	26217	56002	152952
650	200	620	850	1470	91	119	207	26217	44832	134088
650	100	620	750	1370	91	105	193	26217	34904	116465
650	0	620	650	1270	91	91	178	26217	26217	100083

Zdroj: Autor

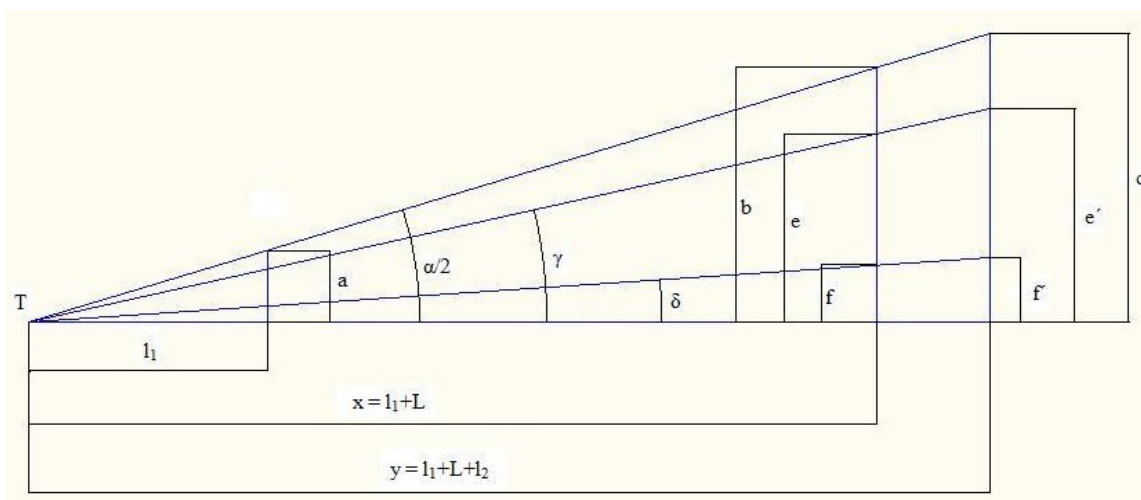
V dalším kroku se stanoví snímaná plocha talíře nárazníku D [mm²] zobrazena na obrázku č. 3.7 a její průmět na plochu rámu vozu D' [mm²]. Pro snadnější výpočet se tyto plochy rozdělí na S, S' [mm²] – kruhová úseč a O, O' [mm²] – zbytková snímaná plocha.



Obr. č. 3.7: Schéma snímané plochy nárazníku

Zdroj: Autor

Schémata zobrazující snímanou plochu v daných určitých vzdálenostech byly vytvořeny v programu AutoCad a zároveň zde byly stanoveny hodnoty e, f, j a k [mm]. Z těchto hodnot se podle vztahu 3.7 určí vodorovný rozměr snímání a jeho průmět na rám vozu podle vztahů 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12 a svislý rozměr snímaného nárazníku podle vztahu 3.13 a jeho průmět na rám vozu podle vztahů 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18. Výpočet je proveden podle obrázků č. 3.8 a č. 3.9. Tyto výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulkách č. 1 a č. 2, které jsou uvedeny v příloze B.



Obr. č. 3.8: Schéma vodorovného snímání

Zdroj: Autor

$$g = e - f \text{ [mm]} \quad (3.7)$$

kde:

g snímaná vodorovná strana nárazníku ve vzdálenosti x [mm]

e snímaná vodorovná strana od středové osy ve vzdálenosti x [mm]

f snímaná vodorovná strana od středové osy ke kraji nárazníku ve vzdálenosti x [mm]

$$\gamma = \arctg \frac{e}{x} [^\circ] \quad (3.8)$$

$$\delta = \arctg \frac{f}{x} [^\circ] \quad (3.9)$$

kde:

 γ úhel snímání strany e [°] δ úhel snímání strany f [°]

$$e' = tg\gamma \cdot y \text{ [mm]} \quad (3.10)$$

$$f' = tg\delta \cdot y \text{ [mm]} \quad (3.11)$$

kde:

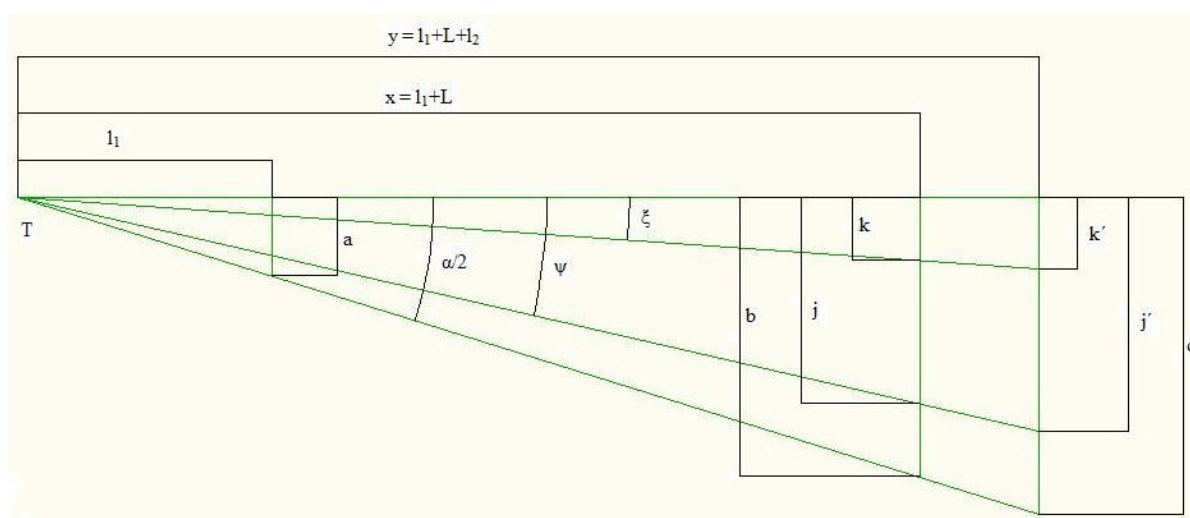
e' promítnutá snímaná vodorovná strana od středové osy ve vzdálenosti y [mm]

f' promítnutá snímaná vodorovná strana od středové osy ke kraji nárazníku ve vzdálenosti y [mm]

$$g' = e' - f' \text{ [mm]} \quad (3.12)$$

kde:

g' promítnutá snímaná vodorovná strana nárazníku ve vzdálenosti y [mm]



Obr. č. 3.9: Schéma svislého snímání

Zdroj: Autor

$$h = j - k \text{ [mm]} \quad (3.13)$$

kde:

h snímaná svislá strana nárazníku ve vzdálenosti x [mm]

j snímaná svislá strana od středové osy ve vzdálenosti x [mm]

k snímaná svislá strana od středové osy ke kraji nárazníku ve vzdálenosti x [mm]

$$\psi = \arctg \frac{j}{x} \text{ [}^\circ\text{]} \quad (3.14)$$

$$\xi = \arctg \frac{k}{x} \text{ [}^\circ\text{]} \quad (3.15)$$

kde:

ψ úhel snímání strany j [°]

ξ úhel snímání strany k [°]

$$j' = tg\psi \cdot y \text{ [mm]} \quad (3.16)$$

$$k' = tg\xi \cdot y \text{ [mm]} \quad (3.17)$$

kde:

j' promítnutá snímaná svislá strana od středové osy ve vzdálenosti y [mm]

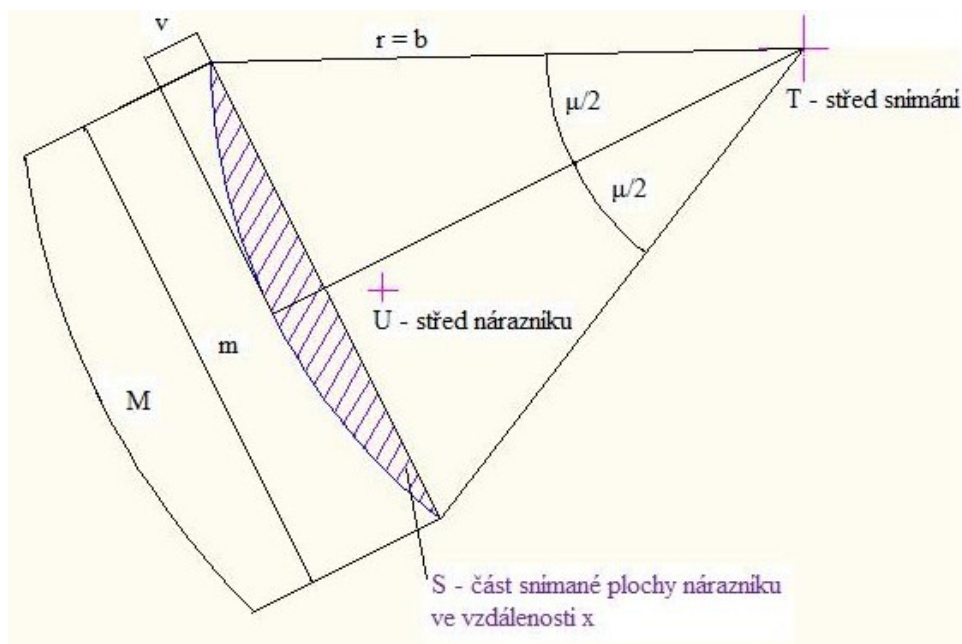
k' promítnutá snímaná svislá strana od středové osy ke kraji nárazníku ve vzdálenosti y [mm]

$$h' = j' - k' \text{ [mm]} \quad (3.18)$$

kde:

h' promítnutá snímaná svislá strana nárazníku ve vzdálenosti y [mm]

Výpočet části snímané plochy nárazníku S [mm²], která je tvořená kruhovou úsečí, se stanoví podle vztahů 3.19, 3.20, 3.21, 3.22 použitých ze Strojnických tabulek [7]. Rozměr m [mm], tětiva kruhové úseče, je pro jednotlivé plochy určen z programu AutoCad. Potřebné rozměry k určení obsahu této plochy jsou znázorněny na obrázku č. 3.10.



Obr. č. 3.10: Schéma plochy kruhové úseče

Zdroj: Autor

$$v = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{m}{2}\right)^2} \text{ [mm]} \quad (3.19)$$

kde:

v středová výška kruhové úseče [mm]

r poloměr kružnice snímání ve vzdálenosti x [mm]

m tětiva kruhové úseče [mm]

$$\mu = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{m}{2 \cdot r}\right) [^\circ] \quad (3.20)$$

kde:

μ úhel kruhové úseče $[^\circ]$

$$M = \frac{\pi}{180} \cdot r \cdot \mu [mm] \quad (3.21)$$

kde:

M délka oblouku $[mm]$

$$S = \frac{1}{2} \cdot [r \cdot M - m \cdot (r - v)] [mm^2] \quad (3.22)$$

kde:

S obsah části snímané plochy nárazníku $[mm^2]$

Část celkové snímané plochy nárazníku $O [mm^2]$ se určí podle tvaru této plochy, viz. obrázek č. 3.7, pomocí vztahu 3.23 pro určení obsahu trojúhelníku a obdélníku. Rozměr $n [mm]$ je určen ze schémat v programu AutoCad.

$$O = O_T + O_O = \frac{1}{2} \cdot n \cdot h + (g - n) \cdot h [mm^2] \quad (3.23)$$

kde:

O obsah části snímané plochy nárazníku $[mm^2]$

O_T obsah trojúhelníku $[mm^2]$

O_O obsah obdélníku $[mm^2]$

n šířka obdélníku $[mm]$

h výška obdélníku $[mm]$

g snímaná strana nárazníku $[mm]$

Celková snímaná plocha nárazníku $D [mm^2]$ ve vzdálenosti $x [mm]$ je tvořena součtem dílčích ploch podle vztahu 3.24. Výsledné hodnoty pro jednotlivé vzdálenosti jsou v tabulce č. 3, uvedená v příloze B. Výpočet obsahu promítnuté plochy $D' [mm^2]$ na rám vozu ve vzdálenosti $y [mm]$ je shodný s výpočtem plochy $D [mm^2]$, ale dosazují se zde rozměry promítnuté plochy stanovené podle vztahů 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12 a 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18. Výsledné hodnoty plochy $D' [mm^2]$ v jednotlivých vzdálenostech jsou uvedeny v tabulce č. 4, která je v příloze B.

$$D = S + O \text{ [mm}^2\text{]} \quad (3.24)$$

kde:

- D celkový obsah snímané plochy nárazníku [mm²]
S obsah části snímané plochy nárazníku – kruhová úseč [mm²]
O obsah části snímané plochy nárazníku [mm²]

Z dosud vypočtených hodnot se určí zbytková snímaná plocha rámu C' [mm²] ve vzdálenosti y [mm] podle vztahu 3.25. Poté se podle vztahu 3.26 stanoví poměr snímané plochy nárazníku k snímané ploše rámu. Jednotlivé výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 3.3. Výsledná závislost vzdálenosti, od umístění měřidla k snímanému nárazníku x [mm], a poměru ploch je zobrazena na obrázku č. 3.11.

$$C' = C - D' \text{ [mm}^2\text{]} \quad (3.25)$$

kde:

- C' zbytková snímaná plocha rámu vozu [mm²]
 C teoretická plocha snímání ve vzdálenosti y [mm²]
 D' promítnutý obsah snímané plochy nárazníku na rám vozu [mm²]

$$P = \frac{D}{C'} \text{ [-]} \quad (3.26)$$

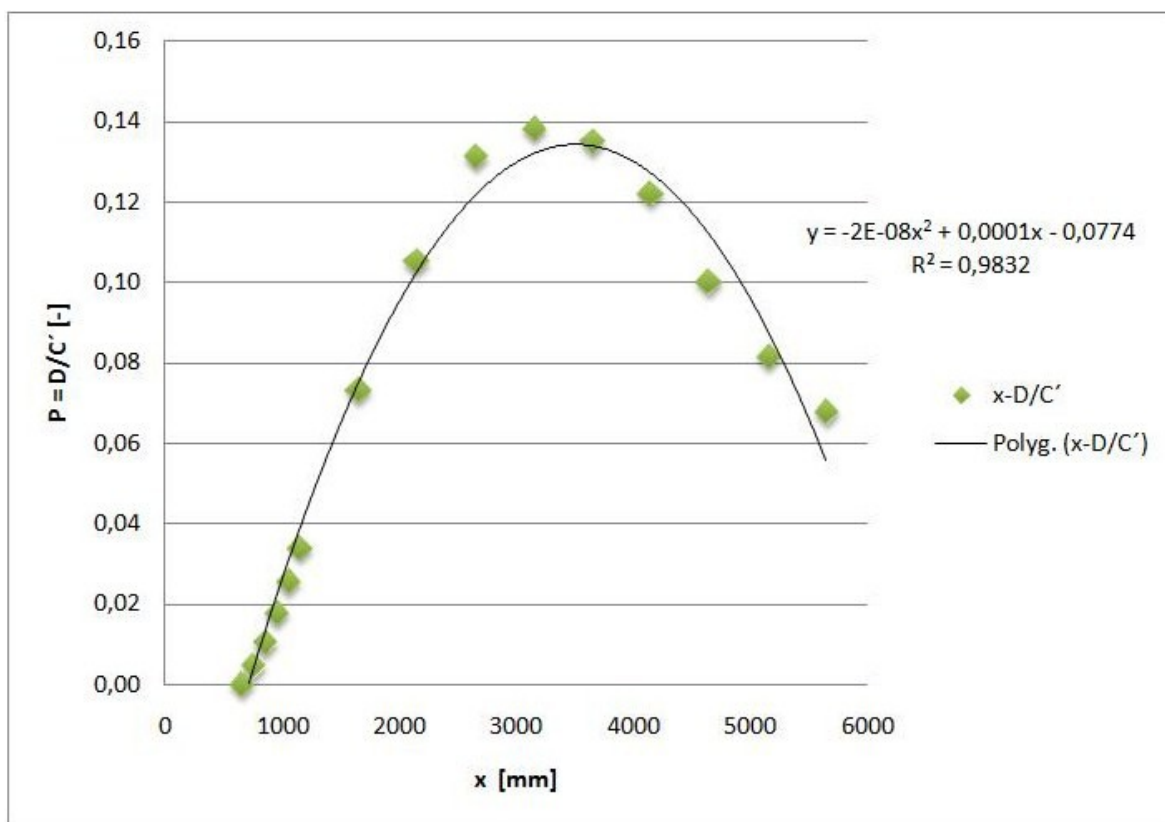
kde:

- P poměr snímané plochy nárazníku k snímané ploše rámu [-]

Tab. č. 3.3: Výsledná závislost vzdálenosti na poměru ploch u měřidla s úhlem 16°

x [mm]	y [mm]	D [mm ²]	D' [mm ²]	C [mm ²]	C' [mm ²]	P = D/C' [-]
5650	6270	153000	188421	2439439	2251018	0,0680
5150	5770	153000	192056	2065887	1873831	0,0817
4650	5270	153000	196520	1723361	1526841	0,1002
4150	4770	148675	196402	1411860	1215458	0,1223
3650	4270	128721	177134	1131386	954252	0,1349
3150	3770	102004	145439	881937	736498	0,1385
2650	3270	72560	111017	663515	552498	0,1313
2150	2770	42709	70893	476118	405224	0,1054
1650	2270	20568	38930	319747	280818	0,0732
1150	1770	6152	14573	194402	179830	0,0342
1050	1670	4178	10570	173056	162487	0,0257
950	1570	2596	7091	152952	145861	0,0178
850	1470	1354	4051	134088	130037	0,0104
750	1370	532	1777	116465	114689	0,0046
650	1270	29	111	100083	99972	0,0003

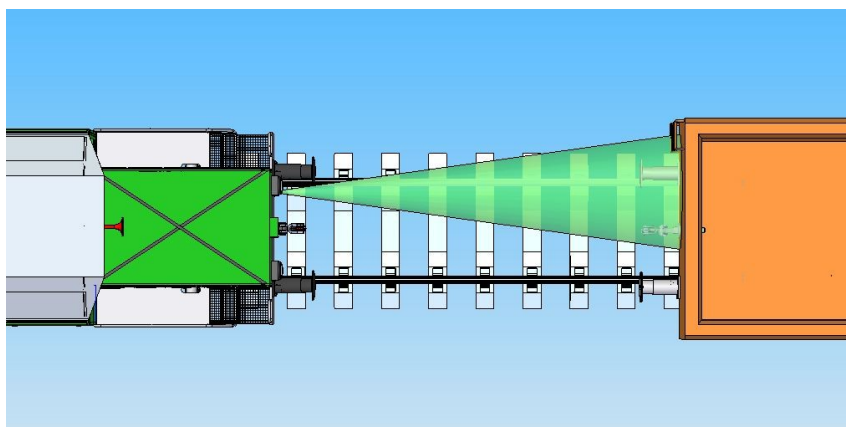
Zdroj: Autor



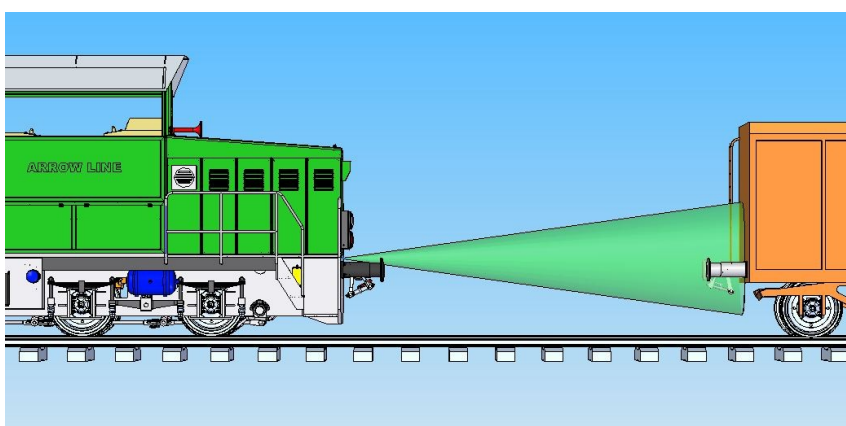
Obr. č. 3.11: Graf závislosti vzdálenosti k poměru ploch pro úhel 16° Zdroj: Autor

Z výsledného grafu závislosti vzdálenosti x [mm], od umístění měřidla k protilehlému nárazníku, k poměru ploch P [-], snímané plochy nárazníku D [mm²] k zbytkové celkové ploše rámu vozu C' [mm²], vyplývá možné proložení polynomem druhého stupně (parabolou). Při snímání na vzdálenost 5 až 3,5 m mezi nárazníky je snímána celá plocha talíře nárazníku a mění se pouze zbytková snímaná plocha. Od vzdálenosti $x = 950$ mm (300 mm mezi nárazníky) není snímaná plocha z hlediska poměru dostačující.

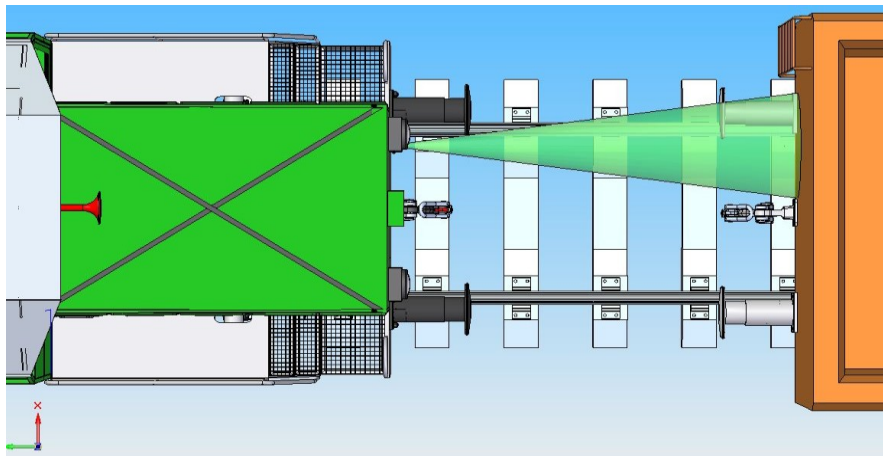
Půdorysný pohled modelu snímání na vzdálenost pěti metrů mezi nárazníky je znázorněn na obrázku č. 3.12 a jeho bokorys na obrázku č. 3.13. Na obrázcích č. 3.14 a č. 3.15 jsou pohledy z hlediska snímání na 2 metry délky mezi nárazníky.



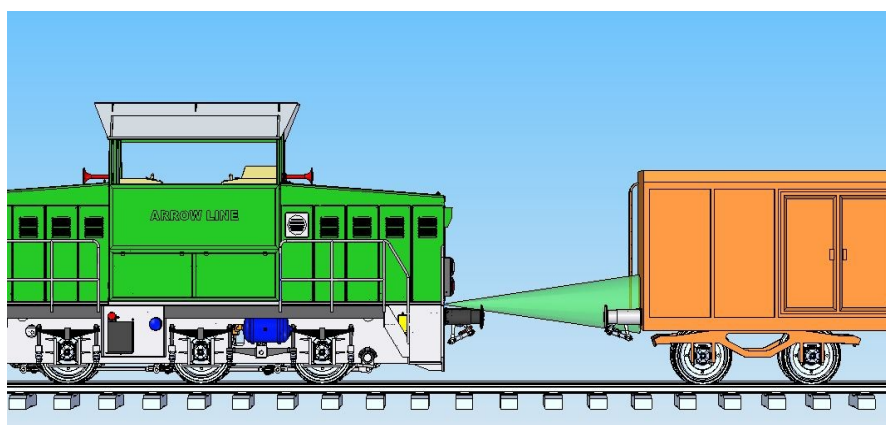
Obr. č. 3.12: Půdorys měření na 5 m pro měřidlo s úhlem 16° Zdroj: Autor



Obr. č. 3.13: Bokorys měření na 5 m pro měřidlo s úhlem 16° Zdroj: Autor

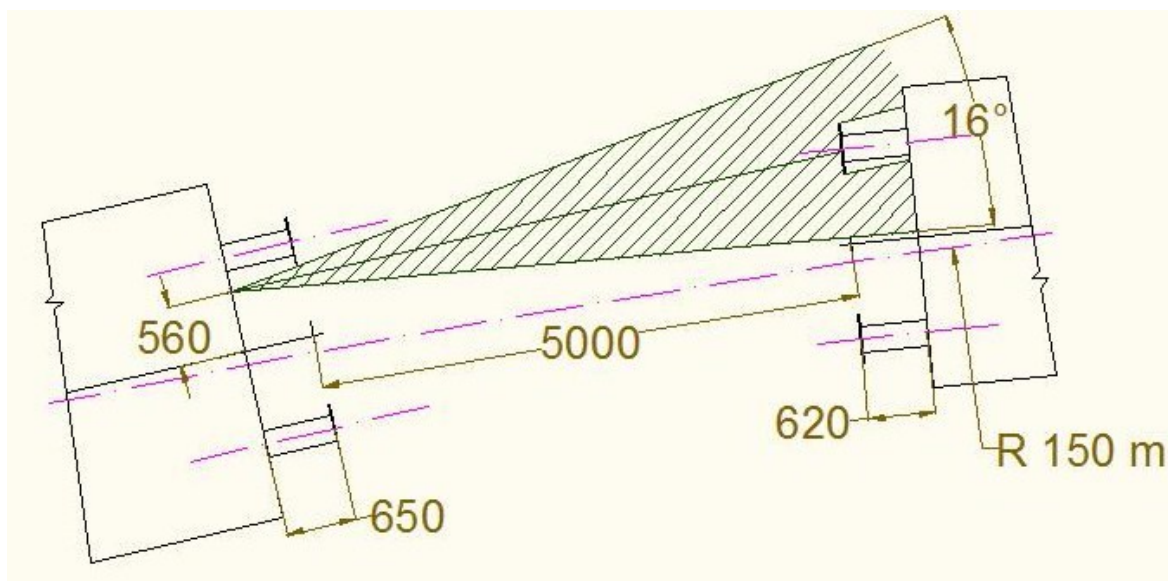
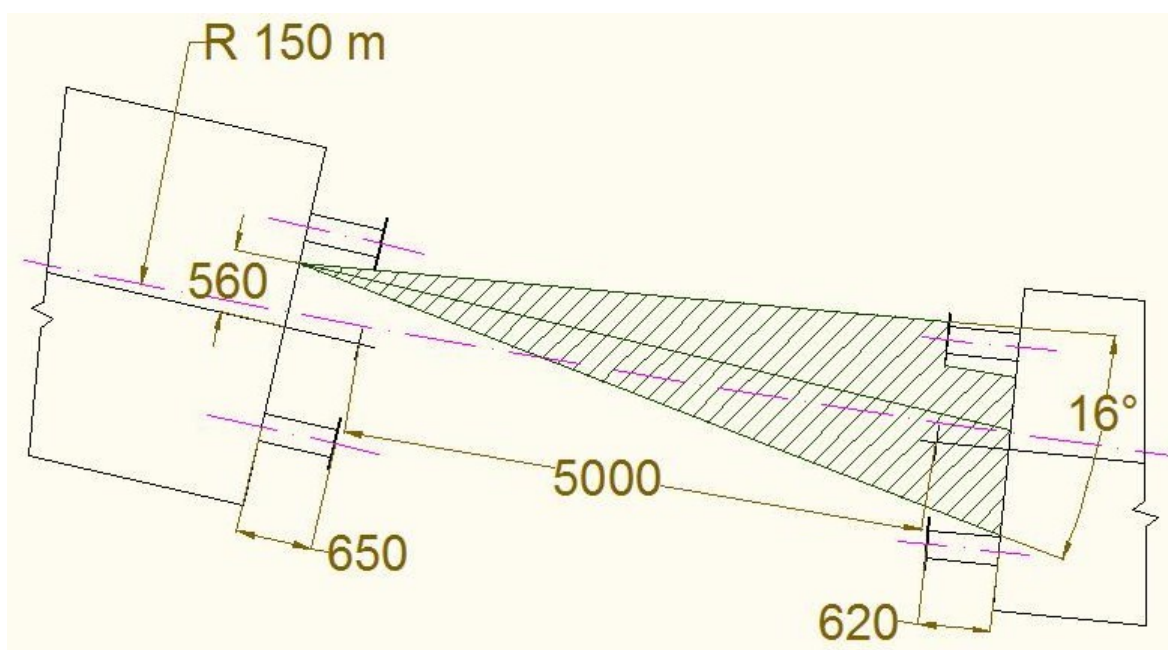


Obr. č. 3.14: Půdorys měření na 2 m pro měřidlo s úhlem 16° Zdroj: Autor



Obr. č. 3.15: Bokorys měření na 2 m pro měřidlo s úhlem 16° Zdroj: Autor

Z důvodu možného svěšování nejen na přímé trati, ale i v oblouku jsou vytvořeny schematické půdorysné pohledy v AutoCadu. Na obrázku č. 3.16 je pohled v oblouku na středovou vzdálenost pět metrů a na obrázku č. 3.17 je toto schéma vytvořeno v protisměrném oblouku. Při tomto detekování vzdálenosti je snímaná plocha dostačující.

Obr. č. 3.16: Schéma měření v oblouku s úhlem měření 16° Zdroj: AutorObr. č. 3.17: Schéma měření v protioblouku s úhlem měření 16° Zdroj: Autor

b) Výpočet pro měřidlo s prostorovým úhlem snímání $\beta = 10^\circ$.

Stanovení požadované závislosti pro měřidlo s prostorovým úhlem snímání $\beta = 10^\circ$ je založeno na stejném principu výpočtu jako pro měřidlo s úhlem snímání α . Postup je shodný pouze při výpočtu poloměru snímání se dosazuje za úhel snímání β . Výsledné hodnoty postupného výpočtu jsou uvedeny v následujících tabulkách č. 3.4 a č. 3.5. Výsledných hodnot postupného výpočtu jsou zobrazeny v tabulkách č. 5, č. 6, č. 7, č. 8, uvedeny v příloze B. Výsledná závislost je znázorněna na obrázku č. 3.18.

Tab. č. 3.4: Poloměry a teoretické plochy snímání pro měřidlo s úhlem 10°

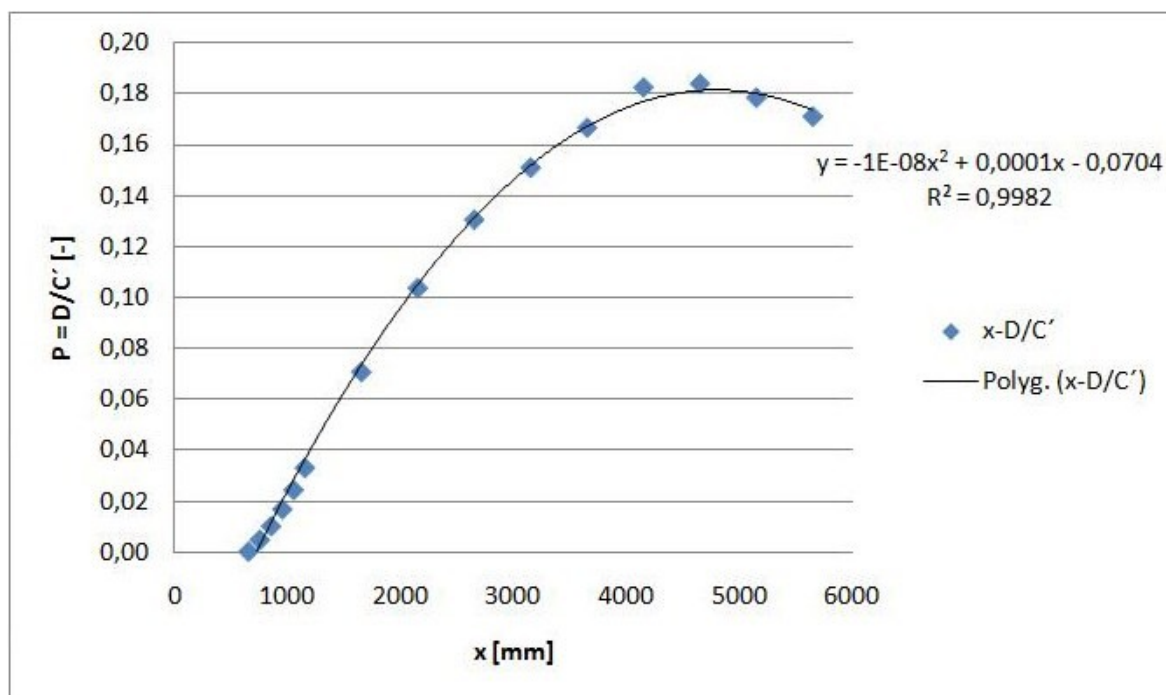
l_1 [mm]	L [mm]	l_2 [mm]	x [mm]	y [mm]	a [mm]	b [mm]	c [mm]	A [mm ²]	B [mm ²]	C [mm ²]
650	5000	620	5650	6270	57	494	549	10160	767627	945341
650	4500	620	5150	5770	57	451	505	10160	637776	800581
650	4000	620	4650	5270	57	407	461	10160	519947	667843
650	3500	620	4150	4770	57	363	417	10160	414142	547130
650	3000	620	3650	4270	57	319	374	10160	320361	438439
650	2500	620	3150	3770	57	276	330	10160	238602	341772
650	2000	620	2650	3270	57	232	286	10160	168867	257128
650	1500	620	2150	2770	57	188	242	10160	111155	184507
650	1000	620	1650	2270	57	144	199	10160	65467	123910
650	500	620	1150	1770	57	101	155	10160	31802	75336
650	400	620	1050	1670	57	92	146	10160	26511	67064
650	300	620	950	1570	57	83	137	10160	21702	59272
650	200	620	850	1470	57	74	129	10160	17374	51962
650	100	620	750	1370	57	66	120	10160	13526	45133
650	0	620	650	1270	57	57	111	10160	10160	38785

Zdroj: Autor

Tab. č. 3.5: Výsledná závislost vzdálenosti na poměru ploch u měřidla s úhlem 10°

x [mm]	y [mm]	D [mm ²]	D' [mm ²]	C [mm ²]	C' [mm ²]	P = D/C [-]
5650	6270	133538	164616	945341	780725	0,1710
5150	5770	116740	146456	800581	654125	0,1785
4650	5270	99391	127463	667843	540380	0,1839
4150	4770	80457	106321	547130	440809	0,1825
3650	4270	59358	82261	438439	356179	0,1667
3150	3770	42419	60747	341772	281024	0,1509
2650	3270	27987	42615	257128	214513	0,1305
2150	2770	16313	27077	184507	157430	0,1036
1650	2270	7723	14618	123910	109291	0,0707
1150	1770	2306	5464	75336	69872	0,0330
1050	1670	1538	3890	67064	63174	0,0243
950	1570	950	2595	59272	56678	0,0168
850	1470	510	1524	51962	50438	0,0101
750	1370	210	701	45133	44432	0,0047
650	1270	6	21	38785	38763	0,0001

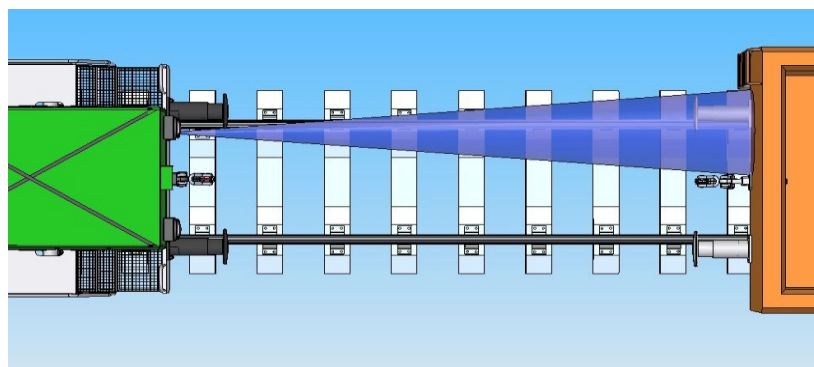
Zdroj: Autor



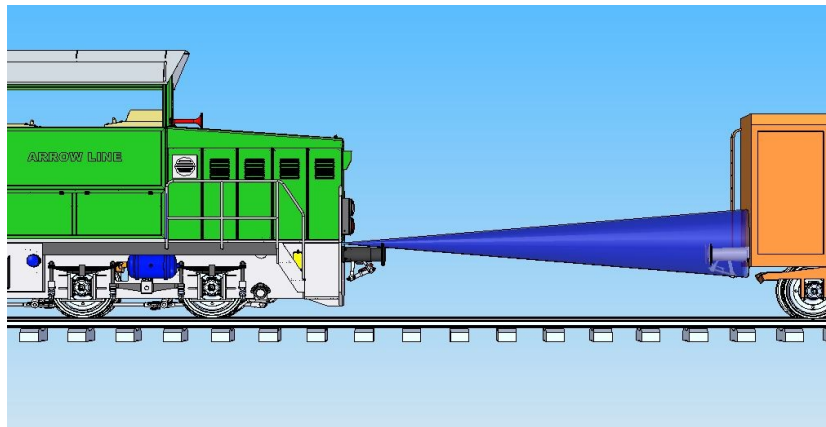
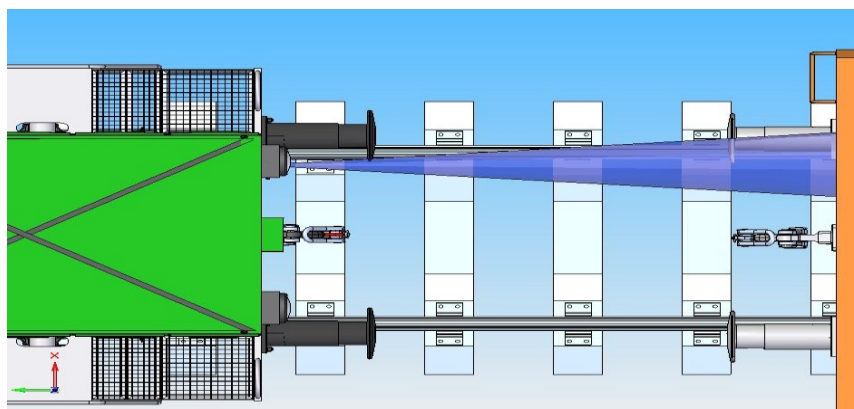
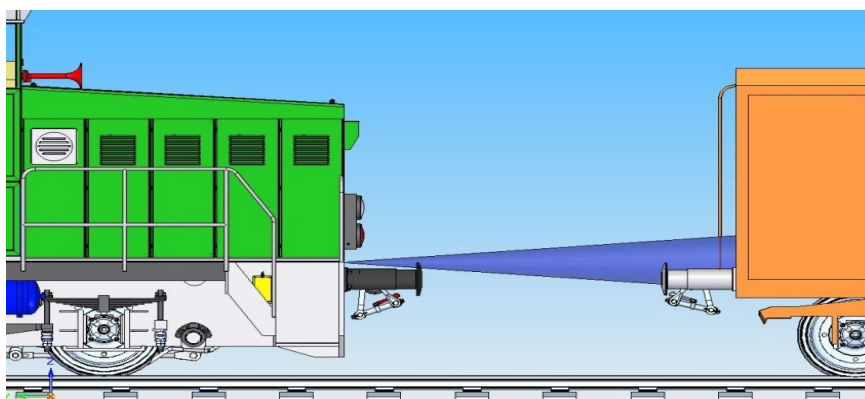
Obr. č. 3.18: Graf závislosti vzdálenosti k poměru ploch pro úhel 10° Zdroj: Autor

Z výsledného grafu závislosti vzdálenosti x [mm], od umístění měřidla k protilehlému nárazníku, k poměru ploch P [-], snímané plochy nárazníku D [mm²] k zbytkové celkové ploše rámu vozu C' [mm²], vyplývá možné proložení polynomem druhého stupně (parabolou) s vysokou hodnotou koeficientu korelace. Ke změně snímané plochy talíře nárazníku dochází od 5 m mezi nárazníky. Od vzdálenosti $x = 1050$ mm (400 mm mezi nárazníky) není snímaná plocha dostačující.

Půdorys modelu snímání na vzdálenost pěti metrů mezi nárazníky je znázorněn na obrázku č. 3.19 a jeho bokorys na obrázku č. 3.20. Na obrázcích č. 3.21 a č. 3.22 jsou pohledy z hlediska snímání na 2 metry délky mezi nárazníky.

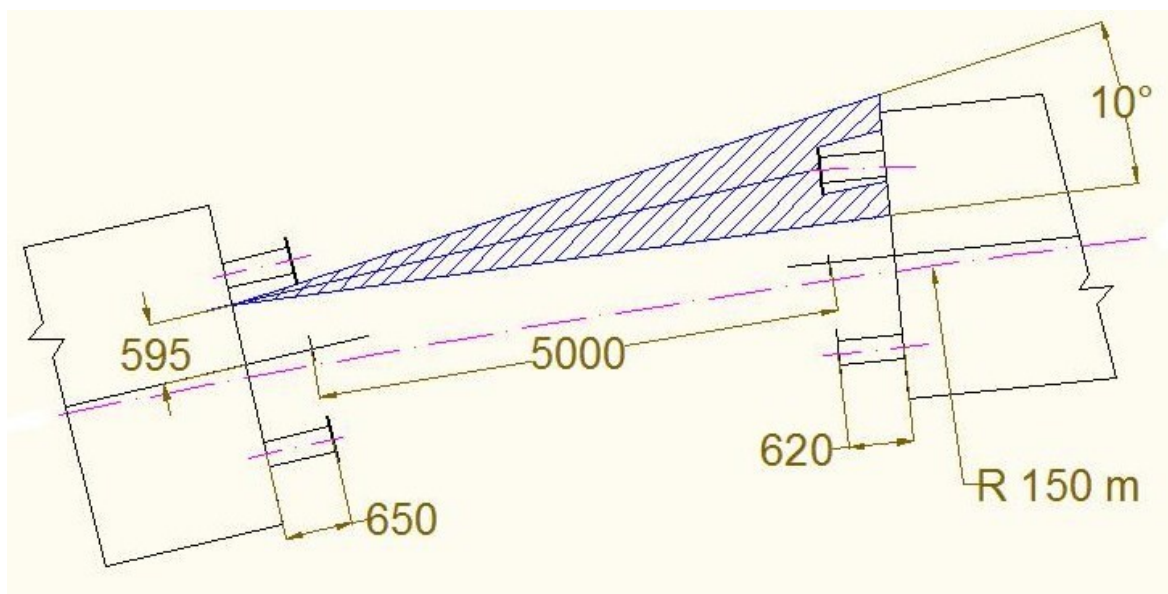


Obr. č. 3.19: Půdorys měření na 5 m pro měřidlo s úhlem 10° Zdroj: Autor

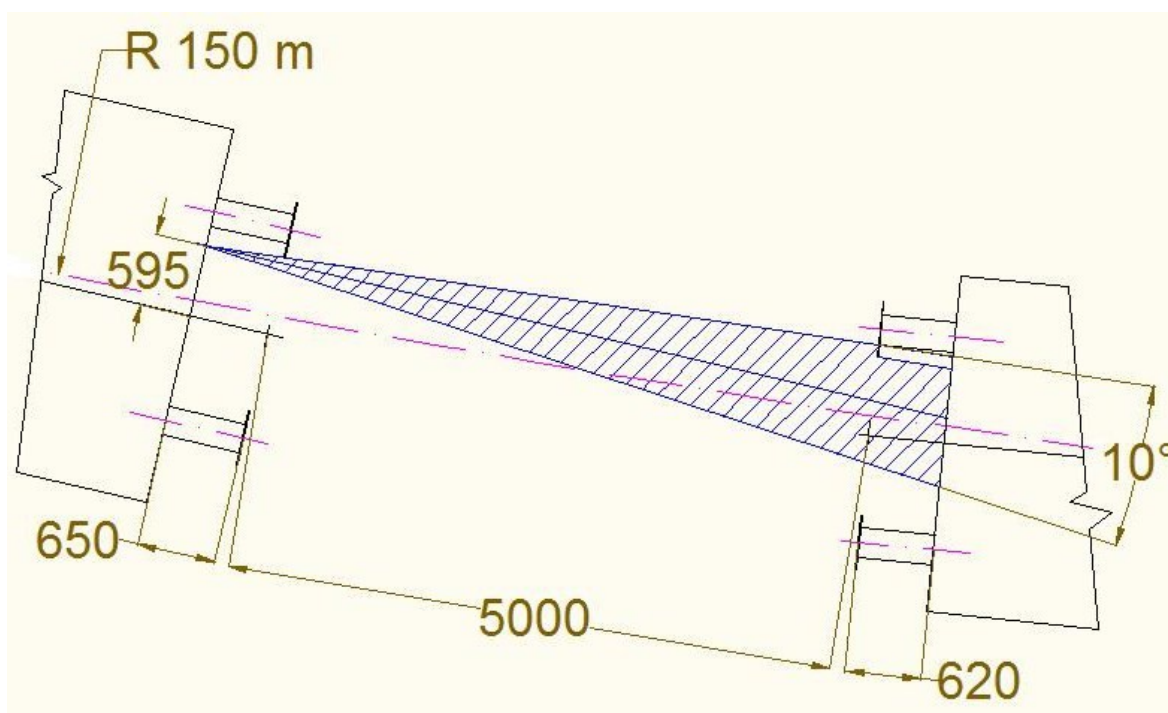
Obr. č. 3.20: Bokorys měření na 5 m pro měřidlo s úhlem 10° Zdroj: AutorObr. č. 3.21: Půdorys měření na 2 m pro měřidlo s úhlem 10° Zdroj: AutorObr. č. 3.22: Bokorys měření na 2 m pro měřidlo s úhlem 10° Zdroj: Autor

U tohoto řešení jsou rovněž vytvořeny schematické půdorysné pohledy při snímání v oblouku v programu AutoCad. Na obrázku č. 3.23 je pohled v oblouku na středovou vzdálenost pět metrů a na obrázku č. 3.24 je toto schéma vytvořeno v protisměrném oblouku. Při detekování vzdálenosti je snímaná plocha v oblouku dostačující, ale při

měření vzdálenosti v protisměrném oblouku je snímána pouze malá část talíře nárazníku. Proto není tato možnost vhodná při svěšování na trati, kde se nachází oblouk.



Obr. č. 3.23: Schéma měření v oblouku s úhlem měření 10° Zdroj: Autor



Obr. č. 3.24: Schéma měření v protioblouku s úhlem měření 10° Zdroj: Autor

3.2.2 Alternativy návrhu měření

a) Využití konstrukčního provedení u konkrétních lokomotiv.

Z hlediska využití konstrukčního provedení u konkrétních lokomotiv, u kterých je součástí pochozí plošina, lze měřidlo umístit na zakončení této plošiny. Měřidlo bude blíže k talíři nárazníku HV a lze jej posunout dále od středové roviny HV. Zvětší se snímaná plocha nárazníku a bude docházet k lepšímu snímání i při malých vzdálenostech mezi nárazníky (500 mm a méně). Výpočet je u tohoto řešení stejný jako při umístění na čelník, pouze se zde zkrátí délka l_1 [mm]. Tato varianta lze uplatnit pouze u motorových lokomotiv s pochozí plošinou na představku HV např. lokomotiva řady 709.

b) Doplnující řešení

V případě kontroly kontaktu nárazníků je možné využít umístění kamery na nástavbu lokomotivy s instalovaným monitorem v kabině strojvedoucího. Při nutnosti přesného zjištění vzdálenosti mezi nárazníky v okamžiku, kdy už navrhované měřidlo nesnímá dostatečnou plochu, se dá využít dalšího měřidla pro snímání pouze dané zmenšující se vzdálenosti.

4 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ NAVRŽENÝCH ŘEŠENÍ

Na základě stanoveného teoretického průběhu detekování vzdálenosti mezi ŽKV s přibližujícím se HV ke stojícímu TV je provedeno praktické ověření pro umístění měřidla a porovnání skutečné snímané plochy s teoreticky stanovenou. Měření bylo provedeno ve firmě OOS, s.r.o. s použitím motorové lokomotivy řady 709 a nákladního železničního vozu Eas, uvedených na obrázku č. 4.1.



Obr. č. 4.1: Motorová lokomotiva 709 a čelo vozu Eas

Zdroj: Autor

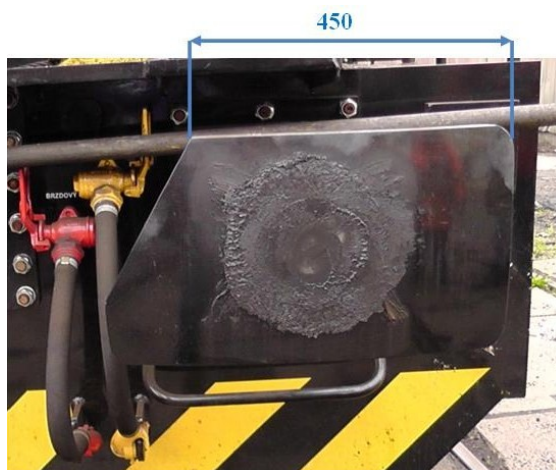
Nejdříve se ověřily parametrické vlastnosti nárazníků, které byly změřeny pomocí svinovacího metru a měřidla výšky nárazníku. Tyto údaje jsou zobrazeny v tabulce č. 4.1.

Tab. č. 4.1: Parametrické vlastnosti nárazníků - změřeny

	HV	TV
délka nárazníku [mm]	650	620
osová vzdálenost od středu [mm]	875	875
osová vzdálenost od temene kolejnice [mm]	1040	1045
šířka talíře nárazníku [mm]	450	450
výška talíře nárazníku [mm]	360	340

Zdroj: Autor

Talíř nárazníku je u lokomotivy odlišný svým tvarem od teoretického modelu, ale potřebný rozměr ovlivňující měření je zachován. Snímání nezasahuje do tohoto talíře z důvodu zkosení na levé horní straně talíře nárazníku. Tvar talíře nárazníku HV je na obrázku č. 4.2.



Obr. č. 4.2: Talíř nárazníku HV Zdroj: Autor

Na čelníku lokomotivy bylo vyznačeno místo umístění měřidla pro snímání s úhlem α a β . Tato umístění jsou vidět na obrázku č. 4.3, kde zelený křížek zobrazuje měřidlo s úhlem snímání $\alpha = 16^\circ$ a modrý křížek měřidlo s úhlem snímání $\beta = 10^\circ$.



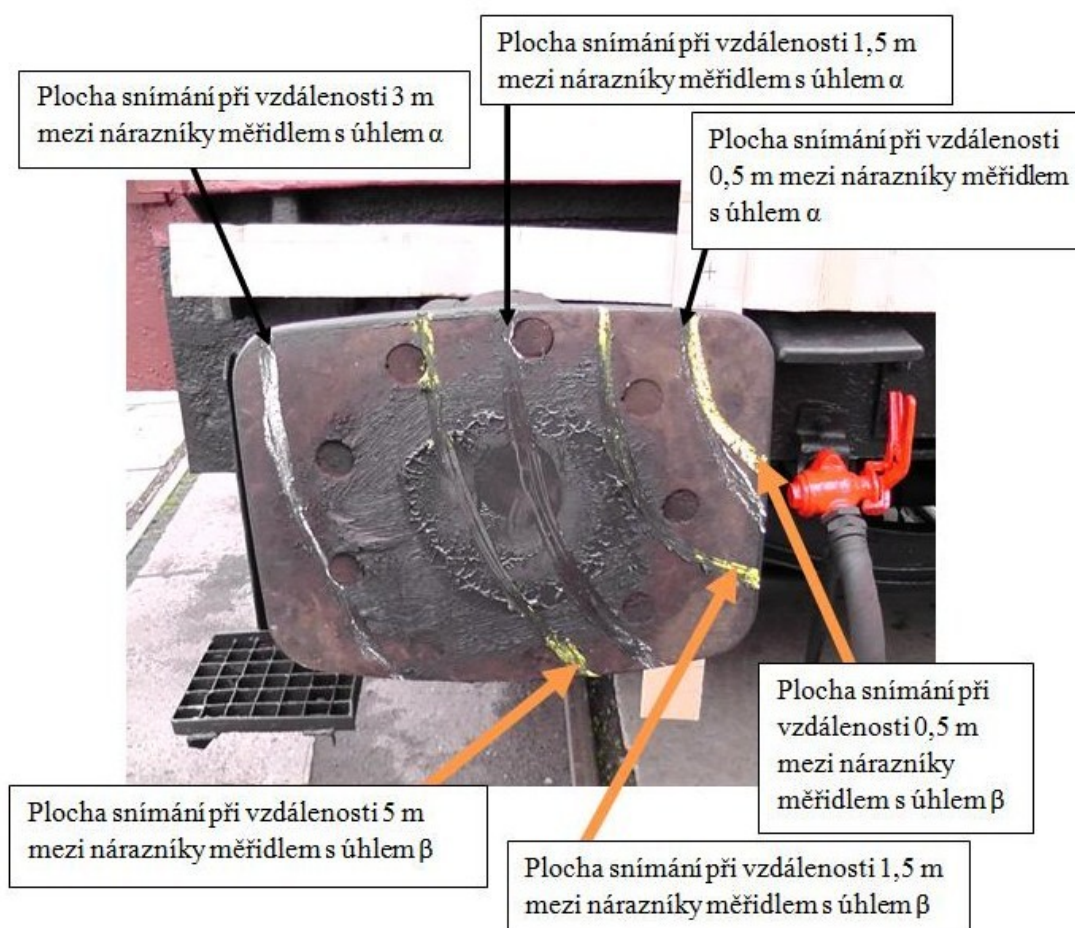
Obr. č. 4.3: Umístění měřidla Zdroj: Autor

Měření bylo provedeno ve třech vybraných vzdálenostech mezi nárazníky a to na 3 m, 1,5 m a 0,5 m pro obě možnosti snímání s úhlem 16° a 10° . Na rám vozu (čelní plochu) byl umístěn osový kříž s vyznačeným středem a jednotlivými poloměry snímání. Podle příslušné vzdálenosti byly vedeny provázky od místa umístění měřidla k určenému rozměru snímání na osovém kříži. Poté byla podle daného rozptylu měření vyznačena plocha nárazníku, která byla v daný moment snímána. Tento průběh je zobrazen na obrázku č. 4.4. Vyznačení snímaných ploch je na obrázku č. 4.5 a jejich obsahy a výsledný poměr ploch jsou v tabulkách č. 4.2 a č. 4.3, kde jsou pro porovnání uvedeny i teoreticky vypočítané obsahy a poměry ploch při stejných vzdálenostech.



Obr. č. 4.4: Průběh měření

Zdroj: Autor



Obr. č. 4.5: Snímané plochy talíře nárazníku TV

Zdroj: Autor

Tab. č. 4.2: Výsledné hodnoty při praktickém ověření pro úhel snímání 16°

L [mm]	x [mm]	D [mm ²]	Dsk [mm ²]	P=D/C' [-]	Psk=Dsk/C'sk [-]
3000	3650	128721	139888	0,134892	0,146406
1500	2150	42709	51473	0,105396	0,129467
500	1150	6152	6790	0,034207	0,039675

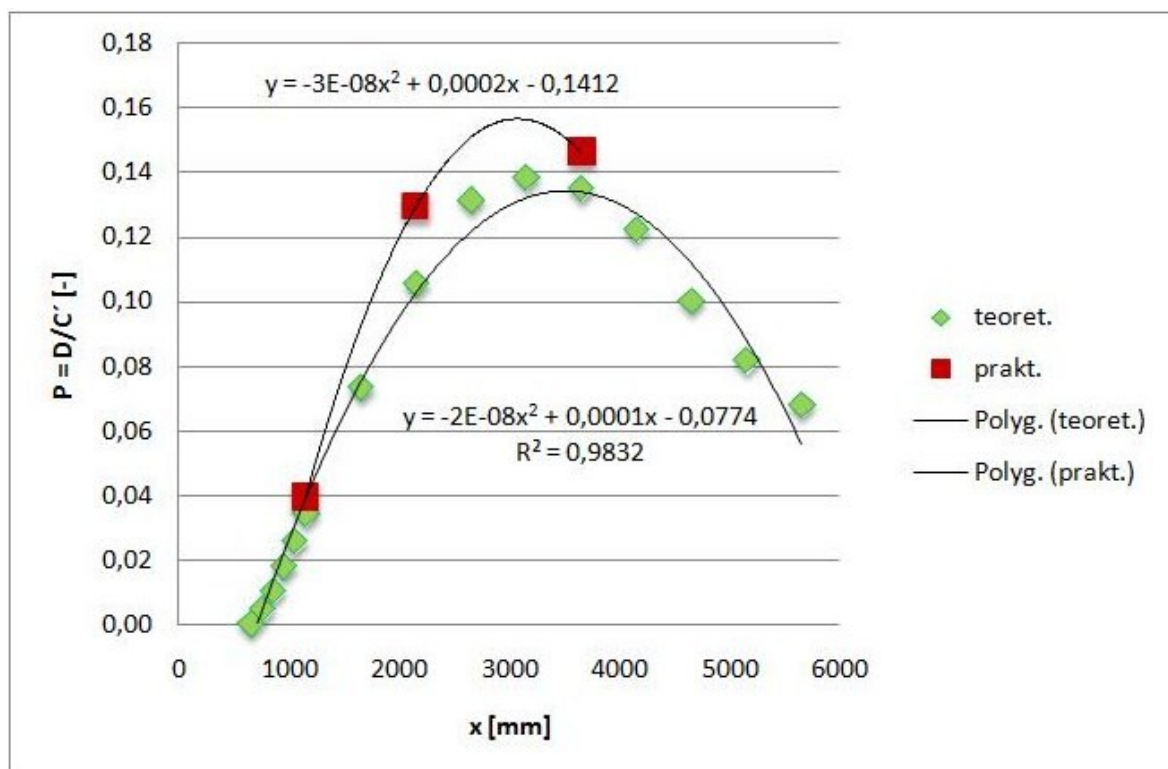
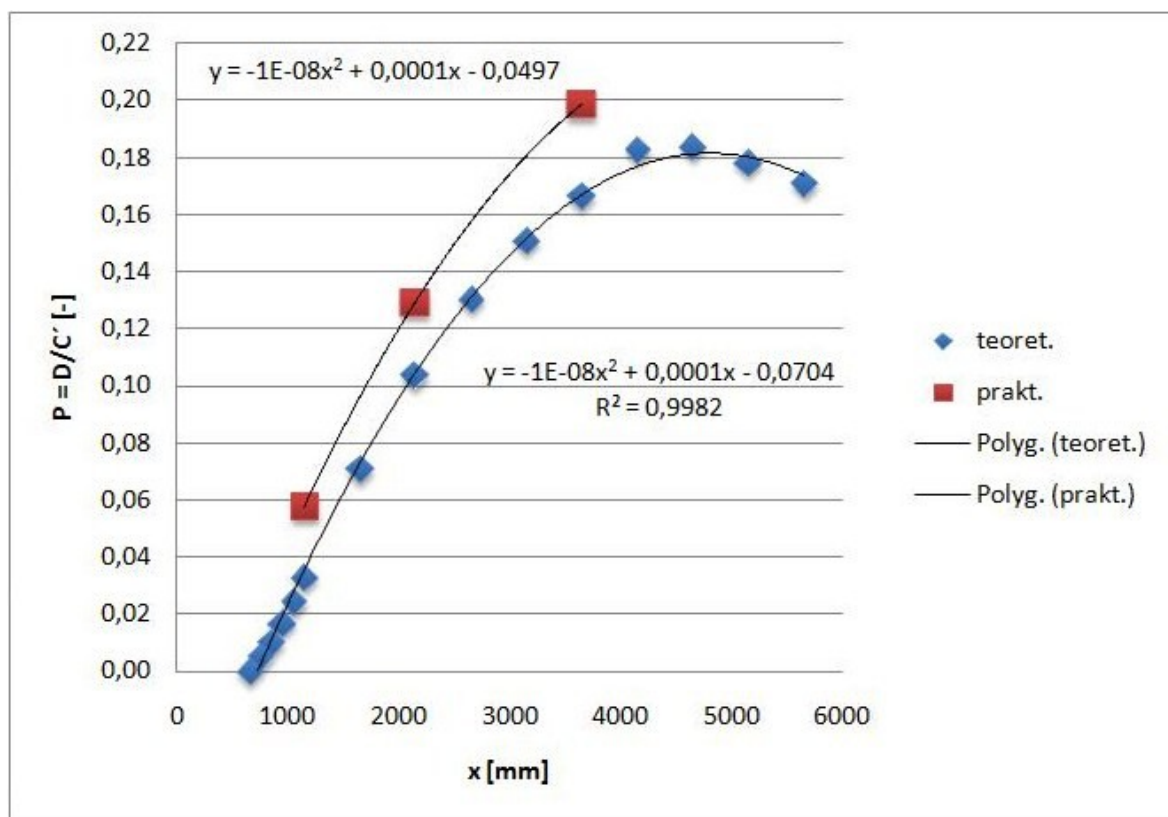
Zdroj: Autor

Tab. č. 4.3: Výsledné hodnoty při praktickém ověření pro úhel snímání 10°

L [mm]	x [mm]	D [mm ²]	Dsk [mm ²]	P=D/C' [-]	Psk=Dsk/C'sk [-]
3000	3650	59358	74192	0,166653	0,198497
1500	2150	16313	20637	0,103618	0,129259
500	1150	2306	3879	0,033008	0,057717

Zdroj: Autor

Výsledné hodnoty při praktickém ověření jsou ve srovnání s teoretickými vyšší. Vlivem tohoto výsledku je rozdílná výška nárazníků a nepřesnosti měření způsobené přesností měřidla, použitou metodou měření, subjektivním odečítáním hodnot a náhodnými vlivy. Porovnání závislosti vzdálenosti k poměru ploch skutečných naměřených hodnot je zobrazeno na obrázku č. 4.6 pro úhel snímání 16° a na obrázku č. 4.7 pro úhel snímání 10°. Praktické ověření také dokázalo, že měřidlo s úhlem snímání 10° nelze umístit na zvolené místo. Do jeho prostoru snímání zasahuje spojkový kohout pro provozní činnost. Z hlediska samotného snímání plochy výsledné hodnoty, i přes nepřesnost, dokazují reálnou možnost detekování vzdálenosti mezi ŽKV.

Obr. č. 4.6: Graf teoretické a naměřené závislosti pro úhel 16° Zdroj: AutorObr. č. 4.7: Graf teoretické a naměřené závislosti pro úhel 16° Zdroj: Autor

5 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá vypracováním analýzy možnosti měření vzdálenosti mezi nárazníky vozidel při svěšování hnacího vozidla s dalšími vozidly.

Jsou zpracovány dvě základní možnosti detekce vzdálenosti mezi nárazníky, ultrazvukové měřidlo s úhlem snímání 16° a měřidlo s úhlem 10° . Pro vybraný typ motorové kapotované lokomotivy a snímaného vozu s danými parametrickými vlastnostmi byly vypracovány teoretické průběhy snímání početní metodou a v programech AutoCad a Solid Edge teoretické modely snímání.

Měřidlo s úhlem snímání 16° s vybraným umístěním na čelníku lokomotivy snímá od vzdálenosti pěti metrů nárazník protilehlého vozu. Při snímání na vzdálenost 5 až 3,5 m mezi nárazníky je snímána celá plocha talíře nárazníku a mění se pouze zbytková snímaná plocha, tzn. dostatečná plocha pro přesnější snímání. Od vzdálenosti $x = 950$ mm (300 mm mezi nárazníky) není snímaná plocha z hlediska poměru ploch dostačující.

Na vzdálenost pěti metrů mezi nárazníky měřidlo s úhlem snímání 10° také snímá talíř nárazníku protilehlého vozu. Umístění tohoto měřidlo je rovněž na čelníku lokomotivy. Toto měření je přesnější, ale je snímána menší plocha talíře nárazníku než měřidlem s úhlem snímání 16° . Ke změně snímané plochy talíře nárazníku dochází od 5 m mezi nárazníky. Od vzdálenosti $x = 1050$ mm (400 mm mezi nárazníky) není snímaná plocha dostačující. Praktické ověření také dokázalo, že měřidlo s úhlem snímání 10° nelze umístit na zvolené místo. Do jeho prostoru snímání zasahuje spojkový kohout pro provozní činnost.

Z daných možností lze použít pouze snímání s prostorovým úhlem 16° . V případě potřeby kontroly dotyku nárazníku se dá využít kamery nebo dalšího měřidla pro detekci při malé vzdálenosti mezi nárazníky.

V běžném provozu při častém svěšování, např. při posunu, je vhodné použití daného typu měřidla. Zbýlých 300 mm, které měřidlo talíř nárazníku dostatečně nesnímá, stačí pro bezpečné zabrzdění a dojezd na dotek talířů nárazníků.

V případě realizace umístění měřidla na čelník lokomotivy by muselo dojít ke schválení od Drážního úřadu.

Seznam obrázků

Obr. č. 2.1: Ruční a zvukové speciální návěstí pro přiblížení	4
Obr. č. 2.2: Průběžné a neprůběžné tažné ústrojí	5
Obr. č. 2.3: Části tažného ústrojí	6
Obr. č. 2.4: Části nárazecího ústrojí	7
Obr. č. 2.5: Schéma nárazníku	8
Obr. č. 2.6: Schematické zobrazení spřáhla Scharfenberg	9
Obr. č. 2.7: Bernský prostor	10
Obr. č. 2.8: Ultrazvukové snímání	12
Obr. č. 2.9: Parkovací asistent s LED displejem a zvukovou signalizací	12
Obr. č. 2.10: Laserové měření	15
Obr. č. 2.11: Ultrazvukové měření	15
Obr. č. 2.12: Stereometr	16
Obr. č. 3.1: Schéma postavení HV a TV při měření	17
Obr. č. 3.2: Možnosti umístění měřidla	18
Obr. č. 3.3: Půdorysné schéma snímání na přímé trati pro úhel 16°	21
Obr. č. 3.4: Půdorysné schéma snímání na přímé trati pro úhel 10°	21
Obr. č. 3.5: 3D model snímání vzdálenosti	22
Obr. č. 3.6: Schéma poloměru snímání	23
Obr. č. 3.7: Schéma snímané plochy nárazníku	24
Obr. č. 3.8: Schéma vodorovného snímání	25
Obr. č. 3.9: Schéma svislého snímání	26
Obr. č. 3.10: Schéma plochy kruhové úseče	27
Obr. č. 3.11: Graf závislosti vzdálenosti k poměru ploch pro úhel 16°	30
Obr. č. 3.12: Půdorys měření na 5 m pro měřidlo s úhlem 16°	31
Obr. č. 3.13: Bokorys měření na 5 m pro měřidlo s úhlem 16°	31
Obr. č. 3.14: Půdorys měření na 2 m pro měřidlo s úhlem 16°	32
Obr. č. 3.15: Bokorys měření na 2 m pro měřidlo s úhlem 16°	32
Obr. č. 3.16: Schéma měření v oblouku s úhlem měření 16°	33
Obr. č. 3.17: Schéma měření v protioblouku s úhlem měření 16°	33
Obr. č. 3.18: Graf závislosti vzdálenosti k poměru ploch pro úhel 10°	35
Obr. č. 3.19: Půdorys měření na 5 m pro měřidlo s úhlem 10°	35

Obr. č. 3.20: Bokorys měření na 5 m pro měřidlo s úhlem 10°	36
Obr. č. 3.21: Půdorys měření na 2 m pro měřidlo s úhlem 10°	36
Obr. č. 3.22: Bokorys měření na 2 m pro měřidlo s úhlem 10°	36
Obr. č. 3.23: Schéma měření v oblouku s úhlem měření 10°	37
Obr. č. 3.24: Schéma měření v protioblouku s úhlem měření 10°	27
Obr. č. 4.1: Motorová lokomotiva 709 a čelo vozu Eas	39
Obr. č. 4.2: Talíř nárazníku HV	40
Obr. č. 4.3: Umístění měřidla	40
Obr. č. 4.4: Průběh měření	41
Obr. č. 4.5: Snímané plochy talíře nárazníku TV	41
Obr. č. 4.6: Graf teoretické a naměřené závislosti pro úhel 16°	43
Obr. č. 4.7: Graf teoretické a naměřené závislosti pro úhel 16°	43

Seznam tabulek

Tab. č. 3.1: Parametrické vlastnosti nárazníků	20
Tab. č. 3.2: Poloměry a teoretické plochy snímání pro měřidlo s úhlem 16°	24
Tab. č. 3.3: Výsledná závislost vzdálenosti na poměru ploch u měřidla s úhlem 16°	30
Tab. č. 3.4: Poloměry a teoretické plochy snímání pro měřidlo s úhlem 10°	34
Tab. č. 3.5: Výsledná závislost vzdálenosti na poměru ploch u měřidla s úhlem 10°	34
Tab. č. 4.1: Parametrické vlastnosti nárazníků – změřeny	39
Tab. č. 4.2: Výsledné hodnoty při praktickém ověření pro úhel snímání 16°	42
Tab. č. 4.3: Výsledné hodnoty při praktickém ověření pro úhel snímání 10°	42

Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 15551- Nárazníky, 2009
- [2] Rozhodnutí komise ze dne 28. července 2006 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Kolejová vozidla – nákladní vozy“ transevropského konvenčního železničního systému
- [3] ČD D1 Předpis pro používání návěstí při organizování a provozování drážní dopravy, 1997
- [4] ČD D2 Předpis pro organizování a provozování drážní dopravy, 1997
- [5] Müller, J., Famfulík, J., Paleček, P.: Mobilní prostředky a trakční zařízení II, skriptum VŠB-TU Ostrava, r. 2002, ISBN 80-248-0054-3
- [6] Úřad průmyslového vlastnictví, patenty a užité vzory, dostupnost ze zdroje <http://www.upv.cz/cs.html>, 15.12.2010
- [7] Leinveber, J., Vávra, P.: Strojnické tabulky, Albra - pedagogické nakladatelství, Úvaly, r. 2003, ISBN 80-86490-74-2
- [8] <http://www.vagony.cz/vagony/tahlo.html>, 18.3.2011
- [9] <http://pkms.webzdarma.cz/mechcast.html>, 18.3.2011
- [10] http://picasaweb.google.com/ltnekas/770_771?feat=embedwebsite#, 20.3.2011
- [11] http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Scharfenbergkupplung_Zeichnung.png, 4.4.2011
- [12] <http://cs.autolexicon.net/articles/parkpilot>, 25.2.2011
- [13] <http://www.cisteniaut.unas.cz/5.htm>, 25.2.2011
- [14] <http://www.naradi-naradi.cz/laserove-dalkomery/c-1571/>, 19.4.2011
- [15] http://www.stanleyworks.cz/product_detail/IntelliMeasure%E2%84%A2+ultra+zvukov%C3%BD+d%C3%A1lkom%C4%9Br/SkuDetail.ctlg?ObjectID=77-018, 19.4.2011